

**DEBRECENI EGYETEM**  
**TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS TECHNOLÓGIAI KAR**



**T Á J É K O Z T A T Ó**  
**FIZIKA**  
**BSc ALAPKÉPZÉSI SZAK**  
**2018-tól**

**DEBRECEN**

2018

## Tartalomjegyzék

|  |    |
|--|----|
| A fizika alapszak (fizika BSc) alapadatai és követelményei ..... | 2  |
| Idegen nyelvi és testnevelés követelmények .....                 | 5  |
| A fizika alapszak ajánlott tanterve 2018-tól .....               | 7  |
| Tantárgyi tematikák .....  | 11 |
| Általános természettudományi ismeretek .....                     | 11 |
| Fizika szakmai ismeretei.....                                    | 18 |
| Speciális szakmai ismeretek .....                                | 43 |
| Szabadon választható tárgyak.....                                | 61 |

# A fizika alapszak (fizika BSc) alapadatai és követelményei

A szakért felelős oktató: Dr. Erdélyi Zoltán, tanszékvezető egyetemi tanár

**1. Az alapképzési szak megnevezése:** fizika (Physics)

**2. Az alapképzési szakon szerezhető végzettségi szint és a szakképzettség oklevélben szereplő megjelölése:**

Végzettségi szint: alapfokozat (baccalaureus, bachelor; rövidítve: BSc)

Oklevélben szereplő szakképzettség: fizikus

A szakképzettség angol nyelvű megjelölése: Physicist

A választható specializációk megnevezése: nincsenek specializációk

**3. Képzési terület:** természettudomány

**Képzési ág:** élettelen természettudomány

**4. A képzési idő:** 6 félév

**5. Az alapfokozat megszerzéséhez összegyűjtendő kreditek száma:** 180 kreditpont

az órásszámon (összes hallgatói tanulmányi munkaidőn) belül a tanórák száma: kb. 1850

a szak orientációja: elméletorientált (60-70 százalék)

a szakdolgozat készítéséhez rendelt kreditérték: 10 kredit

a szabadon választható tantárgyakhoz rendelhető minimális kreditérték: 9 kredit

**6. A szakképzettség képzési területek egységes osztályozási rendszere szerinti tanulmányi területi besorolása:** 441

**7. Az alapképzési szak képzési célja, az elsajátítandó szakmai kompetenciák**

A képzés célja fizikusok képzése, akik a megszerzett ismeretek birtokában képesek tanulmányaikat a képzés második ciklusában folytatni, egyénileg és szervezett formában további tanulmányokat végezni. Alapszintű fizikai ismereteik, általános műveltségük, korszerű természettudományos szemléletmódjuk képessé teszi őket arra, hogy a műszaki és gazdasági életben, valamint az államigazgatásban irányító, szervező részfeladatokat lássanak el. Felkészültek tanulmányaik mesterképzésben történő folytatására.

**7.1. Az elsajátítandó szakmai kompetenciák**

Alapfokozat birtokában a fizikus tudása:

- Ismeri a fizika alapvető összefüggéseit, törvényszerűségeit, és az ezeket alkalmazó matematikai, informatikai eljárásokat.
- Ismeri a tudományos eredményeken alapuló fizikai elméleteket, modelleket.
- Tisztában van a fizika lehetséges fejlődési irányjaival és határaival.
- Rendelkezik természettudományos alapismeretekkel és az erre épülő gyakorlat elemeinek ismeretével, és rendszerezni tudja azokat.
- Tudja és alkalmazza azokat a terepi, laboratóriumi és gyakorlati anyagokat, eszközöket és módszereket, melyekkel a szakmáját alapszinten gyakorolni tudja.
- Birtokában van annak a tudásnak, amelynek alkalmazása szükséges természeti folyamatok, természeti erőforrások, élő és élettelen rendszerek szakterületéhez tartozó alapvető gyakorlati problémáinak megoldásához.
- Tisztában van a fizika fogalomrendszerével és terminológiájával.

- Átlátja azokat a vizsgálható folyamatokat, rendszereket, tudományos problémákat, melyeket aztán megfelelő, a tudományos gyakorlatban elfogadott módszerekkel tesztl.

#### Alapfokozat birtokában a fizikus képességei:

- Képes a fizikai jelenségek megértésére, az azokkal kapcsolatos adatgyűjtésre, az adatok feldolgozására, valamint a feldolgozáshoz szükséges szakirodalom használatára.
- Képes a fizikai elméletek, elvek és törvényszerűségek alkalmazására.
- A fizika területén szerzett tudása alapján képes az egyszerűbb fizikai jelenségek laboratóriumi körülmények között történő megvalósítására, mérésekkel történő bemutatására, igazolására.
- Képes a mérési eredmények kiértékelésére, értelmezésére, dokumentálására.
- Képes beazonosítani szakterületének kérdéseit.
- Képes a fizika területén szerzett tudását alapvető gyakorlati problémák megoldására alkalmazni, beleértve azok számításokkal történő alátámasztását is.
- Képes a fejlesztési folyamatok fizikán alapuló részének tervezésére és szervezésére.
- A szakjának megfelelően képes azon releváns adatok összegyűjtésére és értelmezésére, amelyek alapján megalapozott véleményt tud alkotni társadalmi, tudományos vagy etikai kérdésekről.
- Ismeretei alapján rendelkezik a természettudományos alapokon nyugvó érvelés képességével.
- Képes tudásának gyarapítására és tanulmányainak magasabb szinten történő folytatására.

#### Alapfokozat birtokában a fizikus attitűdje:

- Törekszik a természet és az ember viszonyának megismerésére.
- Terepi és laboratóriumi tevékenysége során környezettudatosan jár el.
- Nyitott a szakmai eszmecserére.
- Nyitott a szakmai együttműködésre a társadalompolitika, a gazdaság és a környezetvédelem területén dolgozó szakemberekkel.
- Ismeri a vitatkozó és kételkedő természettudós példáját.
- Hitelesen képviseli a természettudományos világnézetet, és közvetíteni tudja azt szakmai és nem szakmai közönség felé.
- Nyitott a természettudományos és nem természettudományos továbbképzés irányában.
- Elkötelezett új kompetenciák elsajátítására és világnézetének bővítésére, fejleszti, mélyíti szakterületi ismereteit.

#### Alapfokozat birtokában a fizikus autonómiája és felelőssége:

- Önállóan végiggondolja az alapvető szakmai kérdéseket, és adott források alapján megválaszolja azokat.
- Felelősséggel vállalja a természettudományos világnézetet.
- Felelősséggel együttműködik a természettudományi és más szakterület szakembereivel.
- Tudatosan vállalja a fizikus szakma etikai normáit.
- Saját munkájának eredményét reálisan értékeli.
- Beosztott munkatársai munkáját felelősséggel értékeli.
- Tisztában van a tudományos kijelentések jelentőségével és következményeivel.
- Önállóan működteti a szakterületén a kutatásban használt laboratóriumi, berendezéseket, eszközöket.

## **8. Az alapképzés jellemzői**

### **8.1. Szakmai jellemzők**

- általános természettudományi ismeretek (30 kredit): matematika, informatika és elektronika, természettudományos alapismeretek
- fizika szakmai ismeretei (szakmai törzsanyag) (100 kredit): mechanika, hullámok és optika, termodinamika és statisztikus fizika alapjai; elektromágnesség, relativitáselmélet alapjai; atomfizika és kvantumfizika alapjai; kondenzált anyagok fizikája alapjai; mag-és részecskefizika alapjai; fizikai laboratóriumok; bevezetés az elméleti fizikába (mechanika, elektrodinamika, kvantummechanika, statisztikus fizika); felsőbb matematika; számítógépes módszerek

- speciális ismeretek (31 kredit): a fizikus szakma igényeinek megfelelő szakterületeken szerezhető speciális ismeret.

## 8.2. Idegennyelvi követelmény

Az alapfokozat megszerzéséhez egy idegen nyelvből államilag elismert, középfokú (B2), komplex típusú nyelvvizsga vagy ezzel egyenértékű érettségi bizonyítvány vagy oklevél szükséges. Egy félév szaknyelvi tárgy teljesítése kötelező.

**9. Szakmai gyakorlat:** A fizika alapszakon nincs kötelező szakmai gyakorlat.

**10. Az oklevél követelményei** (a képzési és kimeneteli követelményeknek megfelelően)

A fizika alapszakon az oklevél megszerzésének általános követelményeit a DE TTK Tanulmányi- és vizsgaszabályzata tartalmazza. A végbizonyítvány (abszolutórium) kiállításának előfeltétele az előírt nyelvi követelmények és két félév testnevelési kurzus teljesítése.

30 kredit általános természettudományi ismeret

100 kredit fizika szakmai ismeretei

31 kredit speciális szakmai ismeretek

9 kredit szabadon választható tárgy

10 kredit szakdolgozat

Adott **tantárgy kredit értéke megszerzésének feltétele** a legalább elégséges (2) érdemjegy.

A **laboratóriumi gyakorlatok** esetében a hallgatónak minden előírt gyakorlatot el kell végezniük.

A tantárgyi követelményeket a Tanulmányi és Vizsgaszabályzatnak (TVSZ) megfelelően az oktatók a félév elején ismertetik.

### Szakdolgozat

A Szakdolgozat tárgy (TTFBL0190) felvételének előfeltétele az Atom- és kvantumfizika (TTFBE0107) tárgy teljesítése. A hallgató az 5. félévben adja be jelentkezési lapját szakdolgozat témára és így az 6. félévben veheti fel a Szakdolgozat tárgyat, ha akkorra az előfeltétel teljesül.

A szakdolgozat követelményei:

A szakdolgozat önálló szakmai tevékenység, amely részben a hallgató tanulmányaira, részben további szakirodalmi ismeretekre támaszkodik és egy konzulens irányításával egy félév alatt végezhető el. Ilyen szakmai tevékenység lehet pl. egy terület szakirodalmának feldolgozása; korábbi eredmények reprodukálása, feldolgozása; kutatási feladatban részfeladat megvalósítása, de önálló kutatási eredmény felmutatása nem szükséges.

A szakdolgozat formai követelményeiről a jelentkezés elfogadásakor kapnak a hallgatók tájékoztatást.

### Záróvizsga

*(a) a záróvizsgára bocsátás feltételei*

Záróvizsgára az a hallgató bocsátható, aki a tanulmányai során az előírt 180 kreditet megszerezte, a nyelvi szakmai követelményeknek eleget tett és szakdolgozatát az előírásoknak megfelelően leadta.

*(b) a záróvizsga menete*

A záróvizsga csak szóbeli részből áll, és a szakmai ismeretek komplex összefüggései ellenőrzésére szolgál. A tematika a szakmai törzsanyag tárgyainak tematikája. A szakdolgozat véde a záróvizsga része, de időben külön is tartható. A vizsga eredményének kiszámítása az érvényes TVSZ alapján történik. Ha a záróvizsga bármelyik részjegye elégtelen, akkor a záróvizsga a TVSZ előírásainak megfelelően javítható.

### A BSc diploma minősítése

A (BSc) alapképzésben az oklevél minősítése a TVSZ alapján történik.

**11. A specializáció választás lehetőségei és szabályai:** A fizika alapszakon specializáció nélkül folyik a képzés.

## **Idegen nyelvi és testnevelés követelmények**

A Természettudományi és Technológiai Kar alapképzési szakos hallgatói számára **az oklevél megszerzésének feltétele egy idegen nyelvből államilag elismert középfokú** (Európai Referenciakeretben B2 szintű) **komplex (C típusú, szóbeli + írásbeli) nyelvvizsga** vagy ezzel egyenértékű érettségi bizonyítvány vagy oklevél.

**Képesítési követelmény a szaknyelvi félév teljesítése is.**

**A Kar finanszírozott formában kínál hallgatói részére két középfokú (B2) nyelvvizsgára előkészítő félévet** (írásbeli és szóbeli nyelvvizsgára előkészítő nyelvi féléveket), **valamint egy kötelező szaknyelvi félévet.**

A Kar hallgatói számára a nyelvi képzést a DE TTK Nyelvtanári Csoport biztosítja **angol és német** nyelvből.

A diploma megszerzésének előfeltételeként előírt idegennyelvi kritérium teljesítését segítő a Kar az alábbi kurzusokat kínálja a hallgatók számára:

1. modul: kezdő szint (A1) (térítéses)
2. modul: középhaladó (A2) (térítéses)
3. modul: középhaladó (B1) (térítéses)
- 4. modul: szóbeli nyelvvizsga előkészítő (B2) (finanszírozott)**
- 5. modul: írásbeli nyelvvizsga előkészítő (B2) (finanszírozott)**
- 6. modul: szaknyelvi félév (B2) (finanszírozott, kötelező)**

**Az idegennyelvi képzésbe** az első félév elején megírandó **szintfelmérő teszt kitöltése után lehet bekapcsolódni.** A teszt eredménye alapján kerülnek a hallgatók besorolásra az első öt szint megfelelőjére.

A teljesen kezdő szintről induló 1. modul, angol, német, francia, orosz, olasz nyelvekből a páratlan félévekben indul és három modulon keresztül továbbmenő, egymásra épülő rendszerben, térítéses formában folyik.

Nyelvtanulásnál célszerű már a középiskolában is tanult nyelvet választani, mivel az egyetem által finanszírozott nyelvoktatás középszinten indul (4. modul). **A TTK-n finanszírozott formában angol és német nyelvi kurzusok választhatók.**

**A finanszírozott formában szervezett nyelvvizsga előkészítő kurzusokra (4., 5. modul) a hallgatók felvételi teszt sikeres megírásával kerülhetnek be.**

Amennyiben a hallgatók további nyelvvizsga előkészítő kurzust kívánnak igénybe venni, azt a 4. vagy az 5. modul térítés ellenében történő újbóli felvételével tehetik meg.

A nyári hónapokban (július közepéig és augusztus 20. után) igény szerint, térítésmentesen vehetnek részt a Kar nyelvvizsgával még nem rendelkező hallgatói intenzív nyelvvizsga felkészítő kurzusokon.

Azon hallgatók, akik a diploma megszerzéséhez szükséges nyelvvizsga érdekében vesznek fel a fentiek közül nyelvi kurzus(oka)t, a sikeres teljesítésért maximum 3 féléven keresztül (4 óra/hét) gyakorlati jegyet, valamint a szabadon választható kreditek terhére 2-2 kreditet kaphatnak.

Az egy nyelvből már nyelvvizsgával rendelkezők számára csak másik idegen nyelvből szerezhető kredit (a szabadon választott tárgyak kreditkeretének terhére és kreditkeretéig).

**Az egyféléves szaknyelvi kurzus (6. modul) teljesítése (2 kredit) a Tanulmányi- és vizsgaszabályzat alapján az alapképzésben résztvevő minden TTK-s hallgató számára kötelező a szabadon választható kreditek terhére.** A szaknyelvi kurzus felvétele a 3. félévnél előbb nem lehetséges. Páratlan félévekben elsősorban a középfokú nyelvvizsgával már rendelkező hallgatók számára hirdetünk szaknyelvi félévet, páros félévekben pedig a nyelvvizsgával még nem rendelkezők részére. **A szaknyelvi félév finanszírozott formában zajlik, az óralátogatás kötelező.**

## Testnevelés

A Debreceni Egyetem alapképzéseiben (BSc, BA) résztvevő hallgatóknak 2 félév (heti 1 alkalom, 2 óra gyakorlat) testnevelési foglalkozást kell teljesíteni.

A testnevelési kurzusok teljesítése a végbizonyítvány (abszolutórium) kiállításának előfeltétele.

A testnevelési kurzus felvétele a Neptun rendszerben a megadott határidőn belül lehetséges.

Felmentés kérhető egészségügyi okok vagy igazolt versenysport tevékenység alapján.

A felmentési kérelmeket a [www.sport.unideb.hu](http://www.sport.unideb.hu) honlapon található formanyomtatványon kell beadni. Határidők: szeptember 30., ill. február 28.

Helye: Tudományegyetemi Karok (TEK) Testnevelés Csoport irodája.

## A fizika alapszak ajánlott tanterve 2018-tól

Az előfeltétel előírásoknál az adott tárgy felvételéhez az előfeltétel tárgy teljesítése szükséges, kivéve:

- a (p) jelölés az előfeltétel tárgy legalább azonos félévben történő felvételét, vagy korábbi félévben történő teljesítését követeli meg,
- a (k) jelölés nem a tárgyfelvételére vonatkozik, hanem a vizsgára jelentkezés előfeltételét jelenti

A számonkérés módja **k** – **kollokvium** vagy **g** – **gyakorlati jegy** lehet. A megadott óraszámok előadás+gyakorlat+labor formában értendők. A jelzett félévek ajánlások, az előfeltételek megléte esetén a tárgyak bármikor felvehetők. A tárgyak csak páros vagy páratlan félévben indulnak a jelzett módon.

### A kötelező általános természettudományi ismeretek ajánlott hálója

| Tárgykód  | Tantárgy   | Félév/óraszám |       |   |       |       |   | Számonkérés | Kredit | Előfeltétel                |
|-----------|--|---------------|-------|---|-------|-------|---|-------------|--------|----------------------------|
|           |  | 1             | 2     | 3 | 4     | 5     | 6 |             |        |                            |
| TTFBE0119 | Fizikai matematika   | 1+3+0         |       |   |       |       |   | g           | 4      |                            |
| TTFBE0120 | Bevezetés az elektronikába                                 |               |       |   | 2+0+0 |       |   | k           | 3      | TTFBE0105                  |
| TTFBL0120 | Bevezetés az elektronikába                                 |               |       |   |       | 0+0+2 |   | g           | 2      | TTFBE0120                  |
| TTFBL0118 | Fizikai mérések alapjai                                    | 0+1+1         |       |   |       |       |   | g           | 2      |                            |
| TTMBE0815 | Lineáris algebra   | 2+0+0         |       |   |       |       |   | k           | 3      | (k) TTMBG0815              |
| TTMBG0815 | Lineáris algebra   | 0+2+0         |       |   |       |       |   | g           | 2      | (p) TTMBE0815              |
| TTMBE0813 | Differenciál- és integrálszámítás                          | 3+0+0         |       |   |       |       |   | k           | 4      | (k) TTMBG0813              |
| TTMBG0813 | Differenciál- és integrálszámítás                          | 0+2+0         |       |   |       |       |   | g           | 2      | (p) TTMBE0813              |
| TTMBE0814 | Többváltozós függvények differenciál- és integrálszámítása |               | 3+0+0 |   |       |       |   | k           | 4      | TTMBE0813<br>(k) TTMBG0814 |
| TTMBG0814 | Többváltozós függvények differenciál- és integrálszámítása |               | 0+3+0 |   |       |       |   | g           | 3      | (p) TTMBE0814              |
| TTTBE0040 | Környezeti alapismeretek                                   |               |       |   |       | 1+0+0 |   | k           | 1      |                            |

### A kötelező szakmai törzsanyag ajánlott hálója

| Tárgykód  | Tantárgy                        | Félév/óraszám |       |   |   |   |   | Számonkérés | Kredit | Előfeltétel                             |
|-----------|---------------------------------|---------------|-------|---|---|---|---|-------------|--------|---|
|           |                                 | 1             | 2     | 3 | 4 | 5 | 6 |             |        |   |
| TTFBE0101 | Mechanika 1                     | 4+0+0         |       |   |   |   |   | k           | 6      | (k) TTFBE0119<br>(k) TTFBG0101          |
| TTFBG0101 | Mechanika 1                     | 0+2+0         |       |   |   |   |   | g           | 3      | (p) TTFBE0101                           |
| TTFBE0113 | Számítógépes alapok a fizikában |               | 1+0+2 |   |   |   |   | g           | 2      | TTFBE0101<br>TTFBL0118                  |
| TTFBE0102 | Hőtan                           |               | 4+0+0 |   |   |   |   | k           | 6      | TTFBE0101<br>(k) TTFBG0102<br>TTMBE0813 |
| TTFBG0102 | Hőtan                           |               | 0+2+0 |   |   |   |   | g           | 3      | (p) TTFBE0102                           |
| TTFBE0103 | Optika                          |               | 1+0+0 |   |   |   |   | k           | 1      | TTFBE0101<br>(k) TTFBG0103              |
| TTFBG0103 | Optika                          |               | 0+1+0 |   |   |   |   | g           | 1      | (p) TTFBE0103                           |
| TTFBE0104 | Mechanika 2                     |               | 2+0+0 |   |   |   |   | k           | 3      | TTFBE0101<br>(k) TTFBG0104<br>TTMBE0815 |

| Tárgykód  | Tantárgy   | Félév/óraszám |       |       |       |       |        | Számonkérés | Kredit | Előfeltétel                                 |
|-----------|--|---------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------------|--------|---|
|           |  | 1             | 2     | 3     | 4     | 5     | 6      |             |        |   |
| TTFBG0104 | Mechanika 2  |               | 0+2+0 |       |       |       |        | g           | 3      | (p) TTFBE0104<br>TTMBE0813                  |
| TTFBE0105 | Elektromágnesség   |               |       | 4+0+0 |       |       |        | k           | 6      | TTFBE0102<br>(k) TTFBG0105<br>TTMBE0814     |
| TTFBG0105 | Elektromágnesség   |               |       | 0+2+0 |       |       |        | g           | 3      | (p) TTFBE0105                               |
| TTFBE0106 | Kondenzált anyagok 1                                     |               |       | 2+0+0 |       |       |        | k           | 3      | TTFBE0102<br>TTFBE0103<br>(k) TTFBG0106     |
| TTFBG0106 | Kondenzált anyagok 1                                     |               |       | 0+2+0 |       |       |        | g           | 2      | (p) TTFBE0106                               |
| TTMBE0817 | Bevezetés a közönséges differenciálegyenletek elméletébe |               |       | 2+0+0 |       |       |        | k           | 3      | TTMBE0813<br>(k) TTMBG0817                  |
| TTMBG0817 | Bevezetés a közönséges differenciálegyenletek elméletébe |               |       | 0+2+0 |       |       |        | g           | 2      | (p) TTMBE0817                               |
| TTMBE0818 | Valószínűségszámítás és statisztika                      |               |       | 2+0+0 |       |       |        | k           | 3      | TTMBE0813<br>(k) TTMBG0818                  |
| TTMBG0818 | Valószínűségszámítás és statisztika                      |               |       | 0+2+0 |       |       |        | g           | 2      | (p) TTMBE0818                               |
| TTFBE0107 | Atom- és kvantumfizika                                   |               |       |       | 2+0+0 |       |        | k           | 3      | TTFBE0105<br>(k) TTFBG0107                  |
| TTFBG0107 | Atom- és kvantumfizika                                   |               |       |       | 0+2+0 |       |        | g           | 3      | (p) TTFBE0107                               |
| TTFBE0108 | Elektrodinamika  |               |       |       | 2+0+0 |       |        | k           | 3      | TTFBE0104<br>TTFBE0105<br>(k) TTFBG0108     |
| TTFBG0108 | Elektrodinamika  |               |       |       | 0+2+0 |       |        | g           | 3      | (p) TTFBE0108                               |
| TTFBE0109 | Kondenzált anyagok 2                                     |               |       |       |       | 2+0+0 |        | k           | 3      | TTFBE0106<br>(k) TTFBG0109<br>(p) TTFBE0110 |
| TTFBG0109 | Kondenzált anyagok 2                                     |               |       |       |       | 0+2+0 |        | g           | 2      | (p) TTFBE0109                               |
| TTFBE0110 | Kvantummechanika 1                                       |               |       |       |       | 3+0+0 |        | k           | 4      | TTFBE0104<br>TTFBE0107<br>(k) TTFBG0110     |
| TTFBG0110 | Kvantummechanika 1                                       |               |       |       |       | 0+2+0 |        | g           | 3      | (p) TTFBE0110                               |
| TTFBE0112 | Atommagfizika  |               |       |       |       | 2+1+0 |        | k           | 4      | TTFBE0107                                   |
| TTFBE0111 | Statisztikus fizika                                      |               |       |       |       |       | 3+0+0  | k           | 5      | TTFBE0102<br>TTFBE0104<br>(k) TTFBG0111     |
| TTFBG0111 | Statisztikus fizika                                      |               |       |       |       |       | 0+2+0  | g           | 3      | (p) TTFBE0111<br>TTMBE0818<br>TTMBE0814     |
| TTFBE0121 | Alapvető kölcsönhatások                                  |               |       |       |       |       | 2+1+0  | k           | 4      | TTFBE0110                                   |
| TTFBL0114 | Mechanika, hőtan, optika mérések 1                       |               | 0+0+2 |       |       |       |        | g           | 2      | TTFBE0101<br>TTFBL0118<br>(p) TTFBE0103     |
| TTFBL0115 | Mechanika, hőtan, optika mérések 2                       |               |       | 0+0+2 |       |       |        | g           | 2      | TTFBL0114<br>TTFBE0102<br>TTFBE0103         |
| TTFBL0116 | Kondenzált anyagok laboratóriumi mérések 1               |               |       |       | 0+0+2 |       |        | g           | 2      | TTFBE0106                                   |
| TTFBL0117 | Atom- és magfizikai mérések 1                            |               |       |       |       | 0+0+2 |        | g           | 2      | TTFBE0106<br>(p) TTFBE0112                  |
| TTFBL0190 | Szakdolgozat   |               |       |       |       |       | 0+0+14 | g           | 10     | TTFBE0107                                   |

## Speciális szakmai ismeretek ajánlott hálója

Az alábbi táblázatban szereplő tárgyak közül legalább 31 kreditet kötelező teljesíteni.

| Tárgykód  | Tantárgy  | Félév/óraszám |       |       |       |       |       | Számonkérés | Kredit | Előfeltétel                         |
|-----------|---|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|--------|-------------------------------------|
|           |   | 1             | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |             |        |                                     |
| TTFBE0201 | A mikroelektronika anyagai és technológiái        |               |       |       |       | 3+0+0 |       | k           | 3      | TTFBE0106<br>(k) TTFBL0201          |
| TTFBL0201 | A mikroelektronika anyagai és technológiái        |               |       |       |       | 0+0+2 |       | g           | 2      | (p) TTFBE0201                       |
| TTFBE0205 | A számítógépes szimuláció módszerei               |               |       |       |       | 2+0+0 |       | g           | 2      | (k) TTFBL0205                       |
| TTFBL0205 | A számítógépes szimuláció módszerei               |               |       |       |       | 0+0+2 |       | g           | 2      | (p) TTFBE0205                       |
| TTFBE0204 | Analitikai spektroszkópiai eljárások              |               |       |       |       | 2+0+0 |       | k           | 3      | TTFBE0106                           |
| TTFBE0203 | Analóg és alkalmazott elektronika                 |               |       |       |       |       | 2+0+0 | k           | 3      | TTFBE0120                           |
| TTFBL0217 | Atom- és magfizikai mérések 2                     |               |       |       |       |       | 0+0+2 | g           | 2      | TTFBL0117                           |
| TTKBE0141 | Bevezetés a kémiába                               | 2+0+0         |       |       |       |       |       | k           | 2      |                                     |
| TTKBL0142 | Bevezetés a kémiába                               |               | 0+0+2 |       |       |       |       | g           | 2      | TTKBE0141                           |
| TTFBE0202 | Digitális elektronika                             |               |       |       |       | 2+0+0 |       | k           | 3      | TTFBE0120                           |
| TTFBE0207 | Elektron- és atomi mikroszkópia                   |               |       |       | 2+0+0 |       |       | k           | 3      | TTFBE0103<br>TTFBE0105<br>TTFBE0106 |
| TTFBL0219 | Kondenzált anyagok laboratóriumi mérések 2        |               |       |       |       |       | 0+0+2 | g           | 2      | TTFBL0116                           |
| TTFBE0206 | Környezetfizika 1                                 |               |       | 2+0+0 |       |       |       | k           | 3      | TTFBE0102                           |
| TTFBE0208 | Mérési adatok feldolgozása                        |               |       |       | 2+1+0 |       |       | k           | 4      | TTMBE0818                           |
| TTFBL0218 | Mikrokontrollerek alkalmazástechnikája            |               |       |       |       | 0+0+2 |       | g           | 2      | TTFBE0120<br>TTFBE0210              |
| TTMBE0816 | Modern analízis                                   |               |       |       | 2+0+0 |       |       | k           | 3      | TTMBE0814<br>(k) TTMBG0816          |
| TTMBG0816 | Modern analízis                                   |               |       |       | 0+2+0 |       |       | g           | 2      | (p) TTMBE0816                       |
| TTFBE0213 | Nukleáris mérés technika                          |               |       |       |       |       | 2+0+0 | k           | 3      | TTFBE0107<br>(k) TTFBL0213          |
| TTFBL0213 | Nukleáris mérés technika                          |               |       |       |       |       | 0+0+1 | g           | 1      | (p) TTFBE0213                       |
| TTFBE0210 | Programozás                                       |               |       | 2+0+0 |       |       |       | k           | 2      | (k) TTFBG0210                       |
| TTFBG0210 | Programozás gyakorlat                             |               |       | 0+2+0 |       |       |       | g           | 2      | (p) TTFBE0210                       |
| TTFBE0211 | Számítógépes mérés és folyamatirányítás           |               |       |       | 2+0+0 |       |       | k           | 3      | (p) TTFBE0120                       |
| TTFBL0211 | Számítógépes mérés és folyamatirányítás gyakorlat |               |       |       |       | 0+0+4 |       | g           | 3      | TTFBE0211                           |
| TTFBE0209 | Vákuumfizika, vákuumtechnika                      |               |       |       | 2+0+0 |       |       | k           | 3      | TTFBE0102<br>TTFBE0105              |

## Szabadon választható tárgyak ajánlott hálója

Szabadon választhatók legalább 9 kredit értékben az alábbi táblázatban szereplő tárgyak, a Fizika BSc speciális ismereteinek szakmai tárgyai (a speciális ismeretek kötelező 31 kreditjén felül), a nyelvi tárgyak maximum 6 kredit értékben, valamint a Debreceni Egyetemen meghirdetett összes szabadon választható tárgy.

| Tárgykód  | Tantárgy                                | Félév/óraszám |   |   |       |   |       | Számonkérés | Kredit | Előfeltételek                       |
|-----------|---|---------------|---|---|-------|---|-------|-------------|--------|-------------------------------------|
|           |   | 1             | 2 | 3 | 4     | 5 | 6     |             |        |                                     |
| TTFBE0223 | Mechanika 3                             |               |   |   | 2+0+0 |   |       | k           | 3      | TTFBE0104<br>(k) TTFBG0223          |
| TTFBG0223 | Mechanika 3                             |               |   |   | 0+2+0 |   |       | g           | 2      | (p) TTFBE0223                       |
| TTFBE0221 | Modern optika                           |               |   |   |       |   | 2+0+0 | k           | 3      | TTFBE0103<br>TTFBE0108<br>TTFBE0107 |
| TTFBE0224 | Műszaki és orvosi képkalkoló rendszerek |               |   |   |       |   | 2+0+0 | k           | 3      | TTFBE0107                           |
| TTFBE0222 | Környezetfizika 2                       |               |   |   | 2+0+0 |   |       | k           | 3      | TTFBE0206                           |

# Tantárgyi tematikák

## Általános természettudományi ismeretek

|   |                           |                       |          |                        |                       |                |
|---|---------------------------|-----------------------|----------|------------------------|-----------------------|----------------|
| A tantárgy neve:  | <b>Fizikai matematika</b> |                       |          | Kódja:                 | <b>TTFBE0119</b>      |                |
| Kötelező előtanulmány:  |                           |                       |          | Kódja:                 |                       |                |
| Típus   | Heti óraszámok            |                       |          | Követelmény            | Kredit                | Oktatás nyelve |
|   | Előadás                   | Gyakorlat             | Labor    |                        |                       |                |
| Nappali   | <b>1</b>                  | <b>3</b>              | <b>0</b> | <b>gyakorlati jegy</b> | <b>4</b>              | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató  | neve:                     | <b>Erdélyi Zoltán</b> |          | beosztása              | <b>egyetemi tanár</b> |                |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• a középiskolai matematika egyes elemeinek átismétlése, melyek közvetlenül szükségesek az egyetemi alap mechanika tananyag elsajátításához szükséges felsőbb matematikai tudás megszerzéséhez;</li> <li>• az egyetemi alap mechanikai tananyag elsajátításához szükséges matematikai apparátus megismerése használatorientált megközelítésben;</li> <li>• a megismert apparátus használata egy- és többdimenziós mozgások leírására;</li> <li>• egy- és többdimenziós mozgásokat leíró egyenletek megoldása</li> </ul> |                           |                       |          |                        |                       |                |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b><br/> Rövid ismétlés a középiskolai ismeretekből: hatványozás és gyökvonás azonosságai, függvények és függvénytranszformációk, vektorok. Határérték, differenciál- és integrálszámítás, mátrixok és determinánsok. Tömegpont mozgása egy- és többdimenzióban.</p>   |                           |                       |          |                        |                       |                |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b><br/> Moodle elektronikus jegyzet<br/> Bolyai-Könyvek:<br/> Bárczy Barnabás: Differenciálszámítás<br/> Bárczy Barnabás: Integrálszámítás<br/> Ajánlott szakirodalom:<br/> Bolyai-Könyvek:<br/> Scharnitzky Viktor: Mátrixszámítás</p>  |                           |                       |          |                        |                       |                |

|   |                                   |                    |          |                             |                           |                |
|---|-----------------------------------|--------------------|----------|-----------------------------|---------------------------|----------------|
| A tantárgy neve:  | <b>Bevezetés az elektronikába</b> |                    |          | Kódja:                      | <b>TTFBE0120</b>          |                |
| Kötelező előtanulmány:  | Elektromágnesség                  |                    |          | Kódja:                      | TTFBE0105                 |                |
| Típus   | Heti óraszámok                    |                    |          | Követelmény                 | Kredit                    | Oktatás nyelve |
|   | Előadás                           | Gyakorlat          | Labor    |                             |                           |                |
| Nappali   | <b>2</b>                          | <b>0</b>           | <b>0</b> | <b>aláírás + kollokvium</b> | <b>3</b>                  | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató  | neve:                             | <b>Oláh László</b> |          | beosztása                   | <b>egyetemi adjunktus</b> |                |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• korábbi elektromágnesség és anyagszerkezeti tanulmányaikra alapozva bővítsék ismereteiket az alapvető elektronikai alkatrészekről és törvényekről, amelyek a hallgató további elektronikai tanulmányaihoz és laborgyakorlatokhoz szükséges ismereteit alapozza meg.</li> <li>• megismerjék és képesek legyenek felsorolni és osztályozni azokat a passzív áramkörti elemeket és modern félvezető elektronikai eszközöket, amelyeket alapvető áramkörti kapcsolásokban általánosan alkalmaznak. Az alkatrészek működési elvének és tulajdonságainak ismeretében képesek felhasználásukat áttekinteni, áramkörti szerepüket felismerni.</li> <li>• megismerjék és egyszerű áramkörök működésének vizsgálatára alkalmazni tudják az elektronika</li> </ul> |                                   |                    |          |                             |                           |                |

fogalomrendszerét és alaptörvényeit;

- megismerjék az analóg és digitális elektronikai áramkörök alapvető működési jellemzőit, felismerjék különbözőségüket és azonosítsák az alkalmazásaik szempontjából előnyös tulajdonságokat;
- megismerjék az analóg és digitális jelek átalakításának elvét és az AD, illetve DA átalakítás jellemzőit, paramétereit;
- megismerjék az elektronika korszerű alaptankönyveit.

#### **A kurzus tartalma, témakörei**

Elektronikai alapfogalmak, jelölések. Passzív áramköri elemek tulajdonságai. Váltakozófeszültségű passzív hálózatok: RC, RL és RLC áramkörök, komplex impedancia, Bode-diagram. Félvezetők anyagok jellemzése. Diszkrét félvezető eszközök típusai és karakterisztikái: diódák, bipoláris tranzisztorok, térvezérlésű tranzisztorok. Diszkrét kapcsolási elemekkel megvalósított egyszerű kapcsolások: egyenirányítók, szűrők, feszültségszabályozó, erősítők. Integrált műveleti erősítők: specifikáció, visszacsatolás, erősítő alapkapsolások, aktív szűrők, differenciáló és integráló fokozatok, oszcillátorok. Elektronikai mérőműszerek, oszcilloszkópok, Feszültség és áram mérése, jelparaméterek. A digitális elektronika alapjai. Boole-algebra. Logikai függvények és leírásuk, logikai kapuk, rajzjelek. Logikai függvények áramköri megvalósítása. Kombinációs logikai hálózatok. Digitális-analóg és analóg-digitális átalakítás.

#### **Kötelező olvasmány:**

U.Tietze - C. Schenk : Analóg és digitális áramkörök, Műszaki könyvkiadó, 1990

Ajánlott szakirodalom:

K. Beuth: Az elektronika alapjai I - II – III, Műszaki könyvkiadó

P. Horowitz: The art of electronics, Cambridge University Press, 1989

Kovács Csongor: Elektronika, General Press Kiadó

Kovács Csongor: Digitális elektronika, General Press Kiadó

|                        |  |                    |          |                                      |                           |                |
|------------------------|--|--------------------|----------|--------------------------------------|---------------------------|----------------|
| A tantárgy neve:       | <b>Bevezetés az elektronikába laborgyakorlat</b> |                    |          | Kódja:                               | <b>TTFBL0120</b>          |                |
| Kötelező előtanulmány: | Bevezetés az elektronikába (előadás)             |                    |          | Kódja:                               | TTFBE0120                 |                |
| Típus                  | Heti óraszámok                                   |                    |          | Követelmény                          | Kredit                    | Oktatás nyelve |
|                        | Előadás  | Gyakorlat          | Labor    |                                      |                           |                |
| Nappali                | <b>0</b>   | <b>0</b>           | <b>2</b> | <b>aláírás +<br/>gyakorlati jegy</b> | <b>2</b>                  | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató | neve:  | <b>Oláh László</b> |          | beosztása                            | <b>egyetemi adjunktus</b> |                |

#### **A kurzus célja, hogy a hallgatók**

- az előtanulmányokban szereplő elektromos és elektronikai törvényekre, az elektronikai alkatrészekre, analóg és digitális áramkörök működésére vonatkozó ismereteiket elmélyítsék az elektronikai laboratóriumban végzett önálló mérési gyakorlatok során;
- elsajátítsák és gyakorolják az elektronikai mérőberendezések használatának helyes módját
- megismerjék és alkalmazzák az alapvető elektronikai mérési eljárásokat és a mérési adatok kiértékelését

#### **A kurzus tartalma, témakörei**

Ellenállásmérés Wheatstone-híddal. Elektrolitok vezetőképességének mérése. RLC körök mérése. Stabilizált tápegységek vizsgálata. Integrált műveleti erősítők jellemzői és alkalmazásai: erősítő alapkapsolások, feszültség-áram átalakítók, nemlineáris áramkörök: egyenirányítók, differenciáló és integráló fokozatok, oszcillátorok, aktív szűrők vizsgálata. Logikai alapkapsolások, logikai függvények előállítása, kombinációs logikai hálózatok (dekódoló, multiplexerek, összeadó), szekvenciális logikai hálózatok (tárolók, számlálók, regiszterek) vizsgálata.

#### **Kötelező olvasmány:**

Zilizi Gyula: Elektronikai mérések 1 laborgyakorlatok (kézirat)

Oláh László: Elektronikai mérések 2 laborgyakorlatok (házi jegyzet)

Ajánlott szakirodalom:

Erostyák János és Litz József (szerk.): A fizika alapjai, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

Budó Ágoston. Kísérleti Fizika II., Tankönyvkiadó, Budapest

Hevesi Imre: Elektromosságtan, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

Ulrich Tietze, Christoph Schenk: Analóg és digitális áramkörök, Műszaki Könyvkiadó, Budapest

|   |                |                                |                     |                                  |           |                           |
|---|----------------|--------------------------------|---------------------|----------------------------------|-----------|---------------------------|
| A tantárgy neve:  |                | <b>Fizikai mérések alapjai</b> |                     |                                  | Kódja:    | <b>TTFBL0118</b>          |
| Kötelező előtanulmány:  |                |                                |                     |                                  | Kódja:    |                           |
| Típus   | Heti óraszámok |                                |                     | Követelmény                      | Kredit    | Oktatás nyelve            |
|   | Előadás        | Gyakorlat                      | Labor               |                                  |           |                           |
| Nappali   | <b>0</b>       | <b>1</b>                       | <b>1</b>            | <b>aláírás + gyakorlati jegy</b> | <b>2</b>  | <b>magyar</b>             |
| Tantárgyfelelős oktató  |                | neve:                          | <b>Katona Gábor</b> |                                  | beosztása | <b>egyetemi adjunktus</b> |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>megismerjék a laboratóriumi mérések alapjait</li> <li>elsajátítsák a mérések dokumentálását</li> <li>megtanulják a mérések kiértékelésének alapjait</li> </ul>  |                |                                |                     |                                  |           |                           |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>Mérések dokumentálása, jegyzőkönyvezés; mérési hiba, bizonytalanság, szórás; grafikus ábrázolás és kiértékelés; lineáris illesztés; összefüggések linearizálása; legkisebb négyzetek módszere; bizonytalanság áttekintése származtatott mennyiségre</p>   |                |                                |                     |                                  |           |                           |
| <p>Ajánlott szakirodalom:</p> <p>Havancsák Károly: Mérési adatok kezelése és értékelése<br/>(<a href="http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0047_Havancsak_Meresek-tervezese/adatok.html">http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0047_Havancsak_Meresek-tervezese/adatok.html</a>)</p> <p>Szatmáry Zoltán: Mérések kiértékelése (BME egyetemi jegyzet)</p> |                |                                |                     |                                  |           |                           |

|  |                |                                |                        |                   |           |                       |
|--|----------------|--------------------------------|------------------------|-------------------|-----------|-----------------------|
| A tantárgy neve:   |                | <b>Lineáris algebra</b>        |                        |                   | Kódja:    | <b>TTMBE0815</b>      |
| Kötelező előtanulmány:   |                | (k) Lineáris algebra gyakorlat |                        |                   | Kódja:    | (k) TTMBG0815         |
| Típus  | Heti óraszámok |                                |                        | Követelmény       | Kredit    | Oktatás nyelve        |
|  | Előadás        | Gyakorlat                      | Labor                  |                   |           |                       |
| Nappali  | <b>2</b>       |                                |                        | <b>kollokvium</b> | <b>3</b>  | <b>magyar</b>         |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:                          | <b>Dr. Gaál István</b> |                   | beosztása | <b>egyetemi tanár</b> |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elsajátítsák a mátrixok, determinánsok, lineáris egyenletrendszerek, lineáris transzformációk alapvető fogalmait, euklideszi terek jellemzőit, megismerjék az euklideszi tereken ható lineáris transzformációkat.</li> </ul>   |                |                                |                        |                   |           |                       |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>Algebrai alapfogalmak. Determinánsok. Műveletek mátrixokkal. Vektorterek, bázis, dimenzió. Lineáris leképezések. Bázis és koordináta transzformáció. Rangsám tétel. Alterek összege. Faktorterei. Lineáris egyenletrendszerek. Lineáris transzformációk mátrixa. Műveletek lineáris transzformációkkal. Hasonló mátrixok. Sajátérték, sajátvektor, karakterisztikus polinom. Sajátvektorokból álló bázis létezése. Jordán-féle normál forma. Belső szorzat és euklideszi terek. Transzformációk adjungálása. Önadjungált, ortogonális és unitér transzformációk.</p> |                |                                |                        |                   |           |                       |
| <p><b>Ajánlott szakirodalom:</b></p> <p>Freud Róbert: <i>Lineáris algebra</i>, ELTE Eötvös Kiadó, 1998.</p> <p>Gaál István és Kozma László: <i>Lineáris algebra</i>, Kossuth Egyetemi Kiadó, 2004</p> <p>P.R. Halmos: <i>Véges dimenziós vektorterek</i>, Műszaki Könyvkiadó, 1984.</p> <p>Kovács Zoltán: <i>Feladatgyűjtemény lineáris algebra gyakorlatokhoz</i>, Kossuth Egyetemi Kiadó, 1998.</p> <p>Rózsa Pál: <i>Lineáris algebra és alkalmazásai</i>, Műszaki Könyvkiadó, 1974.</p>   |                |                                |                        |                   |           |                       |

|   |                                   |                        |       |                        |                       |                |
|---|-----------------------------------|------------------------|-------|------------------------|-----------------------|----------------|
| A tantárgy neve:  | <b>Lineáris algebra gyakorlat</b> |                        |       | Kódja:                 | <b>TTMBG0815</b>      |                |
| Kötelező előtanulmány:  | (p) Lineáris algebra              |                        |       | Kódja:                 | (p) TTMBE0815         |                |
| Típus   | Heti óraszámok                    |                        |       | Követelmény            | Kredit                | Oktatás nyelve |
|   | Előadás                           | Gyakorlat              | Labor |                        |                       |                |
| Nappali   |                                   | <b>2</b>               |       | <b>gyakorlati jegy</b> | <b>2</b>              | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató  | neve:                             | <b>Dr. Gaál István</b> |       | beosztása              | <b>egyetemi tanár</b> |                |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók<br/>Elsajátítsák a mátrixok, determinánsok, lineáris egyenletrendszerek, lineáris transzformációk alapvető számítási módszereit, tudjanak használni euklideszi tereken ható lineáris transzformációkat.</p>  |                                   |                        |       |                        |                       |                |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b><br/>Algebrai alapfogalmak. Determinánsok. Műveletek mátrixokkal. Vektorterek, bázis, dimenzió. Lineáris leképezések. Bázis és koordináta transzformáció. Rangsám tétel. Alterek összege. Faktorterei. Lineáris egyenletrendszerek. Lineáris transzformációk mátrixa. Műveletek lineáris transzformációkkal. Hasonló mátrixok. Sajátérték, sajátvektor, karakterisztikus polinom. Sajátvektorokból álló bázis létezése. Jordán-féle normál forma. Belső szorzat és euklideszi terek. Transzformációk adjungálása. Önadjungált, ortogonális és unitér transzformációk.</p> |                                   |                        |       |                        |                       |                |
| <p><b>Ajánlott szakirodalom:</b><br/>Freud Róbert: <i>Lineáris algebra</i>, ELTE Eötvös Kiadó, 1998.<br/>Gaál István és Kozma László: <i>Lineáris algebra</i>, Kossuth Egyetemi Kiadó, 2004<br/>P.R. Halmos: <i>Véges dimenziós vektorterek</i>, Műszaki Könyvkiadó, 1984.<br/>Kovács Zoltán: <i>Feladatgyűjtemény lineáris algebra gyakorlatokhoz</i>, Kossuth Egyetemi Kiadó, 1998.<br/>Rózsa Pál: <i>Lineáris algebra és alkalmazásai</i>, Műszaki Könyvkiadó, 1974.</p>   |                                   |                        |       |                        |                       |                |

|  |  |                             |          |                   |                        |                |
|--|--|-----------------------------|----------|-------------------|------------------------|----------------|
| A tantárgy neve:   | <b>Differenciál és integrálszámítás</b>        |                             |          | Kódja:            | <b>TTMBE0813</b>       |                |
| Kötelező előtanulmány:   | (k) Differenciál és integrálszámítás gyakorlat |                             |          | Kódja:            | (k) TTMBG0813          |                |
| Típus  | Heti óraszámok                                 |                             |          | Követelmény       | Kredit                 | Oktatás nyelve |
|  | Előadás  | Gyakorlat                   | Labor    |                   |                        |                |
| Nappali  | <b>3</b>                                       | <b>0</b>                    | <b>0</b> | <b>kollokvium</b> | <b>4</b>               | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató   | neve:  | <b>dr. Bessenyei Mihály</b> |          | beosztása         | <b>egyetemi docens</b> |                |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók<br/>a differenciál- és integrálszámítás alapvető eredményeit és módszereit elsajátítsák, különféle lehetséges alkalmazásait a függvényvizsgálatban elsajátítsák.</p>  |  |                             |          |                   |                        |                |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b><br/>Függvények határértéke; átviteli elv. Cauchy-kritériumok; határérték és műveletek, határérték és rendezés. Határérték és egyenletes konvergencia, folytonosság és egyenletes konvergencia kapcsolata; Dini tétele. Jobb- és baloldali határérték; szakadási helyek; elsőfajú szakadási helyek osztályozása; monoton függvények határérték tulajdonságai. Nevezetes határértékek; a pi bevezetése. Elemi függvényekből származó függvények. Differenciálhatóság és lineáris approximálhatóság. Differenciálhatóság és folytonosság; differenciálhatóság és műveletek; lánc-szabály és az inverzfüggvény differenciálhatósága. Lokális szélsőérték, Fermat-elv. A Rolle-, Lagrange-, Cauchy-, és Darboux-féle középértéktétel. L'Hospital-szabályok. Többszöri differenciálhatóság; Taylor tétel, monotonitás és differenciálhatóság, szélsőérték magasabbrendű feltétele. Konvex függvények. Primitív függvény fogalma; alapintegrálok, integrálási szabályok. Riemann-integrál és integrálhatósági kritériumok; az integrál tulajdonságai és integrálási módszerek. Az integrálható függvények főbb osztályai. Egyenlőtlenségek, középértéktételek Riemann-integrálra. A Newton–Leibniz tétel és a felsőhatár-függvény tulajdonságai. A Riemann-integrálhatóság és az egyenletes konvergencia kapcsolata. A Lebesgue kritérium. Improperious Riemann integrál és kritériumai.</p> |  |                             |          |                   |                        |                |
| <p>Ajánlott szakirodalom:<br/>1. Császár Ákos: <i>Valós analízis I.–II.</i>, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.<br/>2. Lajkó Károly: <i>Analízis II.</i>, Debreceni Egyetem Matematikai és Informatikai Intézet, Debrecen, 2003.<br/>3. Leindler László, Schipp Ferenc: <i>Analízis I.</i>, Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.<br/>4. Makai Imre: <i>Differenciál. és integrálszámítás</i>, Tankönyvkiadó, Budapest, 1992.<br/>5. Walter Rudin: <i>A matematikai analízis alapjai</i>, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.</p>   |  |                             |          |                   |                        |                |

6. Szász Pál: *A differenciál- és integrálszámítás elemei I.*, Typotex Kiadó, 2000.  
 7. Székelyhidi László: *Differenciál- és integrálszámítás*, Palotadoktor Bt., 2009.

|   |                |  |                             |                        |           |                        |
|---|----------------|--|-----------------------------|------------------------|-----------|------------------------|
| A tantárgy neve:  |                | <b>Differenciál és integrálszámítás</b>        |                             |                        | Kódja:    | <b>TTMBG0813</b>       |
| Kötelező előtanulmány:  |                | (p) Differenciál és integrálszámítás gyakorlat |                             |                        | Kódja:    | (p) TTMBE0813          |
| Típus   | Heti óraszámok |  |                             | Követelmény            | Kredit    | Oktatás nyelve         |
|   | Előadás        | Gyakorlat                                      | Labor                       |                        |           |                        |
| Nappali   | <b>0</b>       | <b>3</b>                                       | <b>0</b>                    | <b>gyakorlati jegy</b> | <b>2</b>  | <b>magyar</b>          |
| Tantárgyfelelős oktató  |                | neve:  | <b>dr. Bessenyei Mihály</b> |                        | beosztása | <b>egyetemi docens</b> |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók<br/>         a differenciál- és integrálszámítás alapvető eredményeit és módszereit elsajátítsák, különféle lehetséges alkalmazásait a függvényvizsgálatban elsajátítsák.</p>  |                |  |                             |                        |           |                        |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b><br/>         Függvények határértéke. Differenciálhatóság és műveletek; lánc-szabály és az inverzfüggvény differenciálhatósága. Lokális szélsőérték, Fermat-elv, középértéktételek. L'Hospital-szabályok. Többszöri differenciálhatóság; Teljes függvényvizsgálat. Primitív függvény; alapintegrálok, integrálási módszerek. Riemann-integrál kiszámítása. A Newton–Leibniz tétel. Egyenlőtlenségek, középértéktételek Riemann-integrálra. Improprious Riemann integrál.</p>  |                |  |                             |                        |           |                        |
| <p>Ajánlott szakirodalom:<br/>         1. Császár Ákos: <i>Valós analízis I.–II.</i>, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.<br/>         2. Lajkó Károly: <i>Analízis II.</i>, Debreceni Egyetem Matematikai és Informatikai Intézet, Debrecen, 2003.<br/>         3. Leindler László, Schipp Ferenc: <i>Analízis I.</i>, Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.<br/>         4. Makai Imre: <i>Differenciál- és integrálszámítás</i>, Tankönyvkiadó, Budapest, 1992.<br/>         5. Walter Rudin: <i>A matematikai analízis alapjai</i>, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.<br/>         6. Szász Pál: <i>A differenciál- és integrálszámítás elemei I.</i>, Typotex Kiadó, 2000.<br/>         7. Székelyhidi László: <i>Differenciál- és integrálszámítás</i>, Palotadoktor Bt., 2009.</p> |                |  |                             |                        |           |                        |

|  |                |   |                        |                   |           |                            |
|--|----------------|---|------------------------|-------------------|-----------|----------------------------|
| A tantárgy neve:   |                | <b>Többszörös függvények differenciál- és integrálszámítása</b>   |                        |                   | Kódja:    | <b>TTMBE0814</b>           |
| Kötelező előtanulmány:   |                | Differenciál- és integrálszámítás<br>(k) Többszörös függvények differenciál- és integrálszámítása gyakorlat |                        |                   | Kódja:    | TTMBE0813<br>(k) TTMBG0814 |
| Típus  | Heti óraszámok |   |                        | Követelmény       | Kredit    | Oktatás nyelve             |
|  | Előadás        | Gyakorlat   | Labor                  |                   |           |                            |
| Nappali  | <b>3</b>       | <b>0</b>  | <b>0</b>               | <b>kollokvium</b> | <b>4</b>  | <b>magyar</b>              |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:   | <b>dr. Páles Zsolt</b> |                   | beosztása | <b>egyetemi tanár</b>      |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók<br/>         a többszörös függvények differenciál- és integrálszámításának alapvető eredményeit és módszereit elsajátítsák, különféle lehetséges alkalmazásait megismerjék, egyúttal bepillantást kapjanak a modern analízisbe.</p> |                |   |                        |                   |           |                            |

|   |
|---|
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>A Banach-féle fixponttétel. Lineáris leképezések. A Fréchet-derivált; lánc-szabály, differenciálhatóság és műveletek. Lagrange-féle középérték-egyenlőtlenség. Inverz- és implicitfüggvény tétel. További deriváltfogalmak; a Fréchet-derivált reprezentációja. Folytonos differenciálhatóság és folytonos parciális differenciálhatóság; a differenciálhatóság elegendő feltétele. Magasabbrendű deriváltak; Schwarz–Young tétel, Taylor-tétel. Lokális szélsőérték és Fermat-elv; a szélsőérték másodrendű feltétele. Riemann-integrál fogalma; műveleti tulajdonságok, integrálhatósági kritériumok, egyenlőtlenségek és középérték-tételek Riemann-integrálra. Riemann-integrál és egyenletes konvergencia kapcsolata. Lebesgue tétele. Fubini-tétel. Jordan-mérték és tulajdonságai; integrálás Jordan-mérhető halmazokon. Fubini-tétel normáltartományokon, integráltranszformáció. Korlátos változású függvények, totális variáció, Jordan dekompozíciós tétele. A Riemann–Stieltjes integrál és tulajdonságai. A parciális integrálás tétele. A Riemann–Stieltjes integrálhatóság elegendő feltétele és az integrál kiszámítása. Görbementi integrál; potenciálfüggvény és primitív függvény. Primitív függvény létezésének szükséges és elegendő feltételei.</p> |
| <p>Ajánlott szakirodalom:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Császár Ákos: <i>Valós analízis I.II.</i>, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.</li> <li>2. Lajkó Károly: <i>Analízis III.</i>, Debreceni Egyetem, Matematikai és Informatikai Intézet, Debrecen, 2001.</li> <li>3. Pál Jenő, Schipp Ferenc, Simon Péter: <i>Analízis II.</i>, Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.</li> <li>4. Székelyhidi László: <i>Többváltozós függvények differenciál- és integrálszámítása</i>, Palotadoktor Bt., 2012.</li> </ol>   |

|   |                |  |                        |                        |                       |                |
|---|----------------|--|------------------------|------------------------|-----------------------|----------------|
| A tantárgy neve:  |                | <b>Többváltozós függvények differenciál és integrálszámítása</b>         |                        | Kódja:                 | <b>TTMBG0814</b>      |                |
| Kötelező előtanulmány:  |                | (p) Többváltozós függvények differenciál- és integrálszámítása gyakorlat |                        | Kódja:                 | (p) TTMBE0814         |                |
| Típus   | Heti óraszámok |  |                        | Követelmény            | Kredit                | Oktatás nyelve |
|   | Előadás        | Gyakorlat  | Labor                  |                        |                       |                |
| Nappali   | <b>0</b>       | <b>3</b>   | <b>0</b>               | <b>gyakorlati jegy</b> | <b>3</b>              | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató  |                | neve:  | <b>dr. Páles Zsolt</b> | beosztása              | <b>egyetemi tanár</b> |                |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <p>a többváltozós függvények differenciál- és integrálszámításának alapvető eredményeit és módszereit elsajátítsák, különféle lehetséges alkalmazásait megismerjék, egyúttal bepillantást kapjanak a modern analízisbe.</p>  |                |  |                        |                        |                       |                |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>A Fréchet-derivált, iránymenti derivált, parciális deriváltak. A derivált kiszámítása és lánc-szabály. Implicitfüggvény tétel. További deriváltfogalmak; a Fréchet-derivált reprezentációja. Taylor-tétel. Lokális szélsőérték és Fermat-elv; a szélsőérték másodrendű feltétele. Riemann-integrál fogalma. Fubini-tétel. Jordan-mérték és tulajdonságai; integrálás Jordan-mérhető halmazokon. Fubini-tétel normáltartományokon, integráltranszformáció. Korlátos változású függvények, totális variáció, Riemann–Stieltjes integrál. Görbementi integrál; potenciálfüggvény és primitív függvény.</p> |                |  |                        |                        |                       |                |
| <p>Ajánlott szakirodalom:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Császár Ákos: <i>Valós analízis I.II.</i>, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.</li> <li>2. Lajkó Károly: <i>Analízis III.</i>, Debreceni Egyetem, Matematikai és Informatikai Intézet, Debrecen, 2001.</li> <li>3. Pál Jenő, Schipp Ferenc, Simon Péter: <i>Analízis II.</i>, Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.</li> <li>4. Székelyhidi László: <i>Többváltozós függvények differenciál- és integrálszámítása</i>, Palotadoktor Bt., 2012.</li> </ol>   |                |  |                        |                        |                       |                |

|  |                |                                    |                             |                   |                        |                |
|--|----------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------------|----------------|
| A tantárgy neve:   |                | <b>Környezettani alapismeretek</b> |                             | Kódja:            | <b>TTTBE0040</b>       |                |
| Kötelező előtanulmány:   |                | -                                  |                             | Kódja:            | -                      |                |
| Típus  | Heti óraszámok |                                    |                             | Követelmény       | Kredit                 | Oktatás nyelve |
|  | Előadás        | Gyakorlat                          | Labor                       |                   |                        |                |
| Nappali  | <b>1</b>       | <b>0</b>                           | <b>0</b>                    | <b>Kollokvium</b> | <b>1</b>               | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:                              | <b>Dr. Nagy Sándor Alex</b> | beosztása         | <b>egyetemi docens</b> |                |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <p>Ismerjék meg a környezettel kapcsolatos szemléletmódot, sajátítsák el a főbb környezeti rendszerek működésének törvényszerűségeit, valamint legyen ismeretanyaguk a legfőbb globális és lokális környezeti</p> |                |                                    |                             |                   |                        |                |

problémákról.

**A kurzus tartalma, témakörei**

A környezettani szemléletmód, a populációk. Globális környezeti rendszerek és problémák. Kontinentális, globális, lokális és regionális környezetközpontú gondolkodás. Élő és élettelen környezeti tényezők. A környezeti rendszerek állapota, védelme. Fenntarthatóság, energiahatékonyság, az anyagok újrahasznosítása, ökológiai lábnyom. A globális éghajlatváltozás és hatása a bioszférára. Környezeti problémák, környezetterhelés, biológiai indikáció és biodiverzitás. A Föld, mint élettér, a levegő, a víz és a talaj. A természet és a társadalom.

Ajánlott szakirodalom:

Mészáros Ernő 2001: A környezettudomány alapjai – Akadémiai Kiadó, Budapest, 210 pp

Kerényi Attila 2003: Környezettan – Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Budapest, 470 pp

Kiss Ferenc 2011: Környezettani alapismeretek – TÁMOP 4.1.2-08/1A, Multimédiás tananyag, Nyíregyházi Főiskola, 164 pp

### Fizika szakmai ismeretei

|  |                |   |                         |                                 |           |                                |
|--|----------------|---|-------------------------|---------------------------------|-----------|--------------------------------|
| A tantárgy neve:   |                | <b>Mechanika 1</b>                                  |                         |                                 | Kódja:    | <b>TTFBE0101</b>               |
| Kötelező előtanulmány:   |                | (k) Fizikai matematika<br>(k) Mechanika 1 gyakorlat |                         |                                 | Kódja:    | (k) TTFBE0119<br>(k) TTFBG0101 |
| Típus  | Heti óraszámok |   |                         | Követelmény                     | Kredit    | Oktatás nyelve                 |
|  | Előadás        | Gyakorlat   | Labor                   |                                 |           |                                |
| Nappali  | <b>4</b>       | <b>0</b>  | <b>0</b>                | <b>aláírás +<br/>kollokvium</b> | <b>6</b>  | <b>magyar</b>                  |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:   | <b>Trócsányi Zoltán</b> |                                 | beosztása | <b>egyetemi tanár</b>          |
| <p><b>A kurzus célja,</b> hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bővítsék ismereteiket az alapvető és származtatott fizikai mennyiségekről, fel tudják sorolni az SI alapmennyiségeit, azok mértékegységeit;</li> <li>• megismerjék és képesek legyenek felsorolni, elemezni azokat a kísérleteket és felhalmozott megfigyeléseket, észleléseket, amelyek a mechanika fogalomrendszerének kialakulásához vezettek, és megértsék a belőlük levonható tapasztalatokat;</li> <li>• megismerjék és egyszerű rendszerek elméleti vizsgálatára alkalmazni tudják a klasszikus mechanika törvényeit;</li> <li>• megismerjék, megértsék és leírják azokat a jelenségeket és alkalmazásokat, amelyek a klasszikus mechanika segítségével értelmezhetők;</li> <li>• jelentős önálló munka révén gyakorlatot szerezzenek fizikai számítások kivitelezésében;</li> <li>• megismerjék a mechanika korszerű alaptankönyveit.</li> </ul> |                |   |                         |                                 |           |                                |

**A kurzus tartalma, témakörei**

A tehetetlenség törvénye, inerciarendszer, inerciapont definíciói. A párkölcsönhatás tapasztalati törvényei. Tömeg és lendület fogalma, a lendület-megmaradás törvénye. Az erő fogalma. Newton III. törvénye. A rugalmas és a gravitációs kölcsönhatás erőtvényei. Cavendish kísérlete. A sűrűdés, közegeellenállás erőtvényei. A Coulomb, Lorentz és a Van der Waals erő. Az erőhatások függetlenségének törvénye. A dinamika alaptörvénye. A Galilei-féle relativitási elv. A mozgásegyenlet megoldása egyszerű esetekre: hajtás homogén gravitációs térben, mozgás ellenálló közegben, illetve rugóerő hatása alatt. A csillapodó rezgés. A mozgásegyenlet megoldása egyszerű esetekre: kényszerrezgés, mozgás centrális erő hatására, az első kozmikus sebesség jelentése, kiszámítása, Kepler I. törvénye. Kényszermozgások, kényszererők; fonálinga. Sűrűdés, tapadás; mozgás lejtőn. Térfogati és felületi erők, sűrűségek definíciói. Newton törvényeinek általánosítása testekre, a tömegközéppont definíciója. A lendület- és tömegáram definíciója; a rakéta mozgásegyenlete és annak megoldása. A dinamika alaptörvénye gyorsuló vonatkoztatási rendszerekben; tehetetlenségi erők. Tehetlenségi erők a forgó Földön. Kepler II. törvénye. A perdület-tétel kimondása és bizonyítása tömegpontra. A tehetlenségi nyomaték definíciója. A fonálinga tárgyalása a perdület-tétel felhasználásával. Pontrendszer perdülete, a perdület-tétel általánosítása. Merev testek tehetlenségi nyomatékának meghatározása és tulajdonságai, tengelyre, illetve pontra vonatkozó perdülete. Merev test egyensúlya, a súlyerő ekvivalens helyettesítése. Merev test rögzített tengely körüli forgásának tárgyalása: az erőkar jelentése; torziós inga, fizikai inga mozgásának tárgyalása. Merev test síkmozgása, merev test pálya- és sajátperdülete, az ezekre vonatkozó mozgásegyenletek; gördülés. Az erőmentes és a súlyos pörgettyű mozgása. Ütközések osztályozása. Ütközések megoldása egy dimenzióban. A mozgási energia és a munka fogalma, a munkatétel tömegpontra. A teljesítmény meghatározása. Munkatétel tömegpontrendszerre és merev testre, síkmozgás esetére. A potenciális energia definíciója. A mechanikai energia megmaradásának törvénye. Erőterre vonatkozó potenciális energia, gravitációs potenciális energiájának kiszámítása. A második kozmikus sebesség. Kepler III. törvénye. A potenciálisenergia-függvény és az erőtvény kapcsolata. Egyensúlyi helyzetek osztályozása. A gravitációs mező fogalma, homogén gömbhéj gravitációs mezeje. Deformálható testek egyensúlya. Rugalmas feszültség, nyújtás, nyírás, csavarás definíciója. Térfogati deformáció. A rugalmas potenciális energiasűrűség. Folyadékok és gázok egyensúlya, Pascal törvényei, hidrosztatikai nyomás, Archimédész törvénye. A Boyle–Mariotte-törvény; légnyomás, barometrikus magasságformula. Áramlástan alapfogalmak. A kontinuitási egyenlet. A Bernoulli-egyenlet és alkalmazásai. Folyadéksűrűdés: a Newton-féle viszkozitási törvény. Réteges áramlás csőben. Turbulencia. Közegeellenállás. Rugalmas hullámok: osztályozásuk, terjedési sebesség, hullámfüggvény és hullámegyenlet egy dimenzióban. Energiatranszport haladó rugalmashullámokban. Haladó harmonikus hullámok hullámfüggvénye, energiaviszonyai. Egydimenziós haladó hullámok visszaverődése közeghatárról. Állóhullámok hullámfüggvénye, energiaviszonyai. Térbeli hullámok: hullámfüggvény és hullámegyenlet egynél több dimenzióban, interferenciája, elhajlása, törése, visszaverődése. A Huygens–Fresnel-elv. Doppler-hatás. A hangérzetek fizikai jellemzése, a decibel jelentése. A fényhullám. A fény terjedési sebessége. A speciális relativitás elve. A Lorentz-transzformáció és kinematikai következményei; a távolság és az időtartamok relativitása. Relativisztikus sebességek összeadása.

**Kötelező olvasmány:**

Demény András, Trócsányi Zoltán, Erostyák János, Szabó Gábor (szerk: Erostyák János, Litz József), Fizika I: Klasszikus mechanika, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2005.

Ajánlott szakirodalom:

- Dede Miklós: Kísérleti fizika 1. kötet, egyetemi jegyzet
- Dede Miklós, Demény András: Kísérleti fizika 2. kötet, egyetemi jegyzet

|                        |                         |                       |          |                                  |                        |                |
|------------------------|-------------------------|-----------------------|----------|----------------------------------|------------------------|----------------|
| A tantárgy neve:       | <b>Mechanika 1</b>      |                       |          | Kódja:                           | <b>TTFBG0101</b>       |                |
| Kötelező előtanulmány: | (p) Mechanika 1 előadás |                       |          | Kódja:                           | (p) TTFBE0101          |                |
| Típus                  | Heti óraszámok          |                       |          | Követelmény                      | Kredit                 | Oktatás nyelve |
|                        | Előadás                 | Gyakorlat             | Labor    |                                  |                        |                |
| Nappali                | <b>0</b>                | <b>2</b>              | <b>0</b> | <b>aláírás + gyakorlati jegy</b> | <b>3</b>               | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató | neve:                   | <b>Nándori István</b> |          | beosztása                        | <b>egyetemi docens</b> |                |

**A kurzus célja, hogy a hallgatók**

- elmélyítsék ismereteiket az alapvető és származtatott fizikai mennyiségekről;
- megtanulják alkalmazni a klasszikus mechanika törvényeit, valamint alapfogalmait feladatok megoldásában;
- megismerjék, megértsék és leírják azokat a jelenségeket és alkalmazásokat, amelyek a klasszikus mechanika segítségével értelmezhetők;

- jelentős önálló munka révén gyakorlatot szerezzenek fizikai számítások kivitelezésében;
- megismerjék a klasszikus mechanika korszerű szakkönyveit.

#### A kurzus tartalma, témakörei

A lendületmegmaradás illetve Newton 3. törvényének használata feladatok megoldásában, egyenes vonalú és síkbeli mozgások, ütközések esetén. Newton 2. törvényének alkalmazása egyszerű mozgásokra: rugóerő, gravitációs erő, centrális erő hatására. Feladatok mozgásegyenlet megoldására kényszererők hatása alatt; fonálinga, mozgás lejtőn, súrlódással kapcsolatos feladatok megoldása. Merev testek tömegközéppontjának meghatározása egyszerű esetekben. Newton 2. törvényének alkalmazása gyorsuló vonatkoztatási rendszerekben. A perdület-tétel alkalmazása; merev testek tengelyre, illetve pontra vonatkozó perdületének kiszámítása. A munkatétel alkalmazása egyszerű feladatok megoldása során. Feladatok mozgási és potenciális energia kiszámítására; a mechanikai energia megmaradásának használata. A potenciálisenergia-függvény meghatározása erőtvény ismeretében. Feladatok a második kozmikus sebesség, a rugalmas feszültség, eredő rugóállandó és Young modulusz kiszámítására. Feladatok folyadékok és gázok egyensúlyának vizsgálatára. Pascal törvényei, hidrosztatikai nyomás, Archimédész törvénye, Boyle–Mariotte-törvény, barometrikus magasságformula alkalmazása. Áramlástan feladatok megoldása. A kontinuitási egyenlet, Bernoulli-egyenlet, a Newton-féle viszkozitási törvény alkalmazása. Hullámtani feladatok megoldása: terjedési sebesség kiszámítása, hullámfüggvény hullámegyenlet és energiaviszonyok vizsgálata haladó és álló harmonikus hullámok esetében. Doppler-hatás kiszámítása. A Lorentz-transzformáció és kinematikai következményeinek alkalmazása relativisztikus kinematikai feladatok megoldása során.

#### Kötelező olvasmány:

Demény András, Trócsányi Zoltán, Erostyák János, Szabó Gábor (szerk: Erostyák János, Litz József), Fizika I: Klasszikus mechanika, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2005.

Ajánlott szakirodalom:

- Dede Miklós: Kísérleti fizika 1. kötet, egyetemi jegyzet
- Dede Miklós, Demény András: Kísérleti fizika 2. kötet, egyetemi jegyzet

|                        |                |   |                    |                                      |           |                            |
|------------------------|----------------|---|--------------------|--------------------------------------|-----------|----------------------------|
| A tantárgy neve:       |                | <b>Számítógépes alapok a fizikában</b>  |                    |                                      | Kódja:    | <b>TTFBE0113</b>           |
| Kötelező előtanulmány: |                | Mechanika I.<br>Fizikai mérések alapjai |                    |                                      | Kódja:    | TTFBE0101<br>TTFBL0118     |
| Típus                  | Heti óraszámok |   |                    | Követelmény                          | Kredit    | Oktatás nyelve             |
|                        | Előadás        | Gyakorlat                               | Labor              |                                      |           |                            |
| Nappali                | <b>1</b>       | <b>0</b>                                | <b>2</b>           | <b>alíírás +<br/>gyakorlati jegy</b> | <b>2</b>  | <b>magyar</b>              |
| Tantárgyfelelős oktató |                | neve:                                   | <b>Tomán János</b> |                                      | beosztása | <b>egyetemi tanársegéd</b> |

#### A kurzus célja, hogy a hallgatók

- megismerkedjenek az Excel haladó szintű használatával,
- megismerkedjenek a Scilab szoftverrel, és elsajátítsák használatát
- korábbi matematika tanulmányaikra alapozva megismerkedjenek a számítógépes számolások alapjaival
- képesek legyenek számítógéppel számolási feladatok elvégzésére, adatok feldolgozására, vizualizására
- elsajátítsák néhány további matematika program és szolgáltatás használatát (pl.: Wolfram Alpha, Calculator++)

#### A kurzus tartalma, témakörei

Excel táblázatkezelő működésének megismerése, relatív és abszolút cellakoordináták megértése, használata, SIO1 nézet használata. Táblázatok, objektumok, függvények használata. Adatsorok ábrázolása, statisztikai elemzése, adatelemző és egyenletmegoldó bővítmények használata. WolframAlpha, Scilab és más matematikai szolgáltatások használata matematikai problémák megoldásához. Mátrix műveletek, numerikus deriválás, numerikus integrálás, interpoláció, hisztogram előállítás. Egyszerűbb fizikai feladatok numerikus megoldása számítógéppel.

#### Kötelező olvasmány:

A Moodle elektronikus oktatási környezetbe feltöltött anyagok  
Engineering with Excel, 4th Edition by Ronald W. Larsen; Pearson, 2013  
Scilab for very Beginners by Scilab Enterprises, 2013

Ajánlott szakirodalom:

Introduction to Scilab by Scilab Enterprises, 2010

|  |                |   |                         |                                 |   |                |
|--|----------------|---|-------------------------|---------------------------------|---|----------------|
| A tantárgy neve:   |                | <b>Hőtan</b>  |                         | Kódja:                          | <b>TTFBE0102</b>                        |                |
| Kötelező előtanulmány:   |                | Mechanika 1<br>(k) Hőtan gyakorlat<br>Differenciál- és integrálszámítás |                         | Kódja:                          | TTFBE0101<br>(k) TTFBG0102<br>TTMBE0813 |                |
| Típus  | Heti óraszámok |   |                         | Követelmény                     | Kredit                                  | Oktatás nyelve |
|  | Előadás        | Gyakorlat   | Labor                   |                                 |   |                |
| Nappali  | <b>4</b>       | <b>0</b>  | <b>0</b>                | <b>aláírás +<br/>kollokvium</b> | <b>6</b>                                | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:   | <b>Trócsányi Zoltán</b> | beosztása                       | <b>egyetemi tanár</b>                   |                |
| <p><b>A kurzus célja,</b> hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• korábbi mechanika tanulmányaikban szerzett ismeretekre alapozva bővítsék ismereteiket az alapvető és származtatott fizikai mennyiségekről;</li> <li>• megismerjék és képesek legyenek felsorolni, elemezni azokat a kísérleteket és felhalmozott megfigyeléseket, észleléseket, amelyek a hőtan fogalomrendszerének kialakulásához vezettek, és megértsék a belőlük levonható tapasztalatokat;</li> <li>• megismerjék és egyszerű rendszerek elméleti vizsgálatára alkalmazni tudják az egyensúlyi hőtan törvényeit;</li> <li>• megismerjék, megértsék és leírják azokat a jelenségeket és alkalmazásokat, amelyek a egyensúlyi hőtan segítségével értelmezhetők;</li> <li>• jelentős önálló munka révén gyakorlatot szerezzenek fizikai számítások kivitelezésében;</li> <li>• megismerjék a hőtan korszerű alaptankönyveit.</li> </ul> |                |   |                         |                                 |   |                |

## A kurzus tartalma, témakörei

A relativisztikus lendület definíciójának előkészítése rugalmas ütközés vizsgálatával különböző vonatkoztatási rendszerben. Newton 2. Törvényének általánosítása relativisztikus sebességű mozgások esetére. A munkatétel általánosítása nagy sebességű mozgások esetére. A mozgási energia relativisztikus kifejezésének bevezetése. A teljes relativisztikus energia és a nyugalmi energia definíciói. Termikus egyensúly, empirikus hőmérsékleti skálák. Gay-Lussac törvényei, az ideálisgáz-skála bevezetése. Állapothatározók, az ideális gáz, a valódi gáz, kondenzált közegek, rugalmas huzal állapotegyenletei. Az anyag atomos szerkezetére utaló tapasztalatok: Dalton törvényei, Avogadro törvénye. Anyagmennyiség. A molekulák mérete. Brown-mozgás. A molekuláris kölcsönhatás potenciális energiája, felületi feszültség, felület energia. Görbületi nyomás, határfelületi energia, illeszkedési szög, hajszálcsovesség. A hőtan I. főtételének megfogalmazása; a belsőenergia értelmezése, rendezett és rendezetlen energiaközlés. A hőmérséklet általános fogalma. A belsőenergia állapotfüggésének vizsgálata, sűrűlási kaloriméter, hőkapacitás, fajhő. Keverési kaloriméter; Dulong–Petit-törvény. Entalpia, izobár fajhő. Gázok belsőenergiájának vizsgálata, áramlási kaloriméter. Szabadexpanszió és fojtás; az entalpia és belsőenergia állapotfüggése. Az ideális gáz belsőenergiája. Kvázisztatikus adiabatikus állapotváltozás, az ideális gáz adiabatái. A kinetikus gázmodell, a nyomás és hőmérséklet kinetikai értelmezése. Az ekvipartíció törvénye, a gázmólhők értelmezése az ekvipartíció-törvény alapján. Gázok szabadsági fokainak befagyása és kiolvadása. Szilárd testek mólhője. Valószínűségi eloszlás, az eloszlás sűrűségfüggvénye. A sebességkomponensre és a sebességnagyságra vonatkozó Maxwell–Boltzmann-eloszlás. Stern kísérlete. Koncentráció-eloszlás erőterben. Folytonos és kvantált energiájú oszcillátorok energia-eloszlása, a szabadsági fokok befagyásának kvantumos értelmezése. A Planck-formula és más kvantumfeltevések. Megfordítható és meg nem fordítható folyamatok. Az erőgép fogalma. Ideális Joule-gép, termikus hatásfok, veszteséghányad. Clausius-, Otto-, Diesel-féle körfolyamatok. Hűtőgépek. Ideális Carnot-gép, reverzibilis gép. Stirling-gép. A másodfajú örökmozgó fogalma. A hőtan II. főtételének fenomenologikus megfogalmazása. A termodinamikai hőmérsékleti skála definíciója. Szimulációs játék a keveredésre, makro- és mikroállapotok. Statisztikus ingadozás. Energia-eloszlás szimulálása az Einstein-féle szilárdtest-modellben. A II. főtétel statisztikus megfogalmazása. Statisztikus hőmérséklet és statisztikus entrópia. Erőgépek maximális hatásfoka, a statisztikus és a termodinamikai hőmérséklet kapcsolata, termodinamikai entrópia. Adiabatikus kvázisztatikus – izentróp – állapotváltozás. Entrópia-változás meghatározása makroszkopikus adatokból. A II. főtétel átfogalmazása nyílt rendszerek bizonyos folyamataira, szabadenergia és szabadentalpia. Az I. főtétel különböző alakjai homogén közeg reverzibilis folyamataira. A belsőenergia állapotfüggésének származtatása az állapotegyenletről. Fázisátalakulások, fázisegyensúly; átalakulási hőmérséklet, átalakulási hő. Folyadék–gőz-izotermák, párolgás és forrás. Szublimáció, fázisdiagram, hármaspont. Entrópia-változás fázisátalakulásoknál, kémiai potenciál. Clausius–Clapeyron-egyenlet. Kritikus hőmérséklet, gázok cseppfolyósítása, kondenzációs hűtőgépek. Alacsony kritikus hőmérsékletű gázok cseppfolyósítása. Többkomponensű rendszerek, keveredési entrópia. Híg oldatok szabadentalpiája, fagyáspont csökkenés, forráspont emelkedés. Transzportjelenségek. Áram és áramsűrűség; Konvektív és konduktív transzport. A gőzturbina működése. Átlagos szabad úthossz és hatáskeresztmetszet. Stacionárius diffúzió; Fick törvénye. A Fick-törvény elemi gázkinetikai értelmezése. Hővezetés; Fourier hővezetési törvénye. Belső sűrűlódás; a Newton-féle viszkozitási törvény.

### Kötelező olvasmány:

Dede Miklós, Demény András: Hőtan, KLTE TTK egyetemi jegyzet, Nemzeti Tankönyvkiadó

Ajánlott szakirodalom:

Litz József: Fizika II, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2005

|   |                |                        |                    |                                      |           |                        |
|---|----------------|------------------------|--------------------|--------------------------------------|-----------|------------------------|
| A tantárgy neve:  |                | <b>Hőtan gyakorlat</b> |                    |                                      | Kódja:    | <b>TTFBG0102</b>       |
| Kötelező előtanulmány:  |                | (p) Hőtan előadás      |                    |                                      | Kódja:    | (p) TTFBE0102          |
| Típus   | Heti óraszámok |                        |                    | Követelmény                          | Kredit    | Oktatás nyelve         |
|   | Előadás        | Gyakorlat              | Labor              |                                      |           |                        |
| Nappali   | <b>0</b>       | <b>2</b>               | <b>0</b>           | <b>alíírás +<br/>gyakorlati jegy</b> | <b>3</b>  | <b>magyar</b>          |
| Tantárgyfelelős oktató  |                | neve:                  | <b>Darai Judit</b> |                                      | beosztása | <b>egyetemi docens</b> |
| <b>A kurzus célja, hogy a hallgatók</b>   |                |                        |                    |                                      |           |                        |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• elmélyítsék ismereteiket az alapvető és származtatott fizikai mennyiségekről;</li><li>• megtanulják alkalmazni az egyensúlyi hőtan törvényeit, valamint a statisztikus fizika alapfogalmait feladatok megoldásában;</li></ul> |                |                        |                    |                                      |           |                        |

- megismerjék, megértsék és leírják azokat a jelenségeket és alkalmazásokat, amelyek a egyensúlyi hőtan segítségével értelmezhetők;
- jelentős önálló munka révén gyakorlatot szerezzenek fizikai számítások kivitelezésében;
- megismerjék a hőtan korszerű szakkönyveit.

#### A kurzus tartalma, témakörei

Hőmérsékleti skálák és az állapotegyenletek használata feladatok megoldásában. A görbületi nyomás, határfelületi energia, illeszkedési szög képleteinek használata egyensúlyi folyadékszint számításában. Feladatok a belső energia változásának számítására. Feladatok entalpiaváltozás számítására, a kvázisztatikus adiabatikus állapotváltozás egyenleteinek alkalmazása. A valószínűségi eloszlás sűrűségfüggvényének alkalmazása feladatok megoldásában. Otto-, Diesel-féle körfolyamatok hatásfokának, hűtőgép jósági tényezőjének számítása. Feladatok makro- és mikroállapotok számítására. Feladatok entrópia-változás meghatározására makroszkopikus adatokból. Feladatok szabadenergia és szabadentalpia kiszámítására. A Clausius–Clapeyron-egyenlet alkalmazása feladatok megoldásában. Feladatok az átlagos szabad úthossz és Fick törvényének használatára. A Fourier-féle hővezetési törvény alkalmazása feladatok megoldásában.

#### Kötelező olvasmány:

Dede Miklós, Demény András: Hőtan, KLTE TTK egyetemi jegyzet, Nemzeti Tankönyvkiadó

Ajánlott szakirodalom:

Litz József: Fizika II, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2005

|  |                |                                     |                          |                                 |           |                            |
|--|----------------|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------|----------------------------|
| A tantárgy neve:   |                | <b>Optika</b>                       |                          |                                 | Kódja:    | <b>TTFBE0103</b>           |
| Kötelező előtanulmány:   |                | Mechanika 1<br>(k) Optika gyakorlat |                          |                                 | Kódja:    | TTFBE0101<br>(k) TTFBG0103 |
| Típus  | Heti óraszámok |                                     |                          | Követelmény                     | Kredit    | Oktatás nyelve             |
|  | Előadás        | Gyakorlat                           | Labor                    |                                 |           |                            |
| Nappali  | <b>1</b>       | <b>0</b>                            | <b>0</b>                 | <b>aláírás +<br/>kollokvium</b> | <b>1</b>  | <b>magyar</b>              |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:                               | <b>Csarnovics István</b> |                                 | beosztása | <b>egyetemi adjunktus</b>  |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• korábbi mechanika tanulmányaikban szerzett ismeretekre alapozva bővítsék ismereteiket az alapvető és származtatott fizikai mennyiségekről;</li> <li>• megismerjék és képesek legyenek felsorolni, elemezni azokat a kísérleteket és felhalmozott megfigyeléseket, észleléseket, amelyek az optika fogalomrendszerének kialakulásához vezettek, és megértsék a belőlük levonható tapasztalatokat;</li> <li>• megismerjék, megértsék és leírják azokat a jelenségeket és alkalmazásokat, amelyek a megismert optikai fogalmakkal értelmezhetők;</li> <li>• jelentős önálló munka révén gyakorlatot szerezzenek fizikai számítások kivitelezésében;</li> <li>• megismerjék az optika korszerű alaptankönyveit.</li> </ul> |                |                                     |                          |                                 |           |                            |

**A kurzus tartalma, témakörei**

A fényhullám. A fény terjedési sebessége. A fény természete és terjedése. A fény, mint elektromágneses hullám: terjedése, energiája és impulzusa, terjedési sebessége. Fotometriai fogalmak. A geometriai optika alaptörvényei: a visszaverődés és törés törvényei, képalkotás. Síktükrök, gömbtükrök. Gömbtükrök leképezési törvénye; fókuszávolság, fókuszpont. Egy görbült felületű törőközeg leképezési törvénye, vékony lencsék. Vastag lencsék, lencserendszerek. Lencsehibák. Optikai eszközök: szem, fényképezőgép, vetítógép. Szőgnagyító eszközök: lupe, mikroszkóp, távcsövek. A Fényhullámok találkozásánál fellépő jelenségek, az interferencia fogalma, fényhullámok és fényforrások koherenciája. A Young-féle két-réses interferencia-kísérlet. Az erősítés és kioltás feltételeinek meghatározása. Intenzitáseloszlás a két-réses interferencia-kísérletben. Interferencia vékony rétegekben, Newton-gyűrűk. A Michelson-interferométer, a lézerek fényének koherenciája, a holográfia alapelve. A fényelhajlás jelensége és magyarázata a Huygens-Fresnel-elv alapján, Fresnel-féle zónalemez. A Fresnel- és Fraunhofer-féle elhajlás. Az erősítés és kioltás feltételeinek és az intenzitás eloszlásának bemutatása és meghatározása résen történő Fraunhofer-féle elhajlás esetén. Fényelhajlás kör alakú nyíláson, az optikai eszközök szögfelbontó képessége. Elhajlás és interferencia kettős résen. Optikai rácsok, az erősítés és kioltás feltételeinek bemutatása és meghatározása optikai rácsok esetén, a szögdiszperzió és a feloldóképesség fogalma. Fényelhajlás és fényszórás rendezetlen részecskéken. A röntgensugárzás elhajlása és áthatolása közegeken. A fény polarizációjának jelensége és értelmezése. A fény polarizáltságának jellemzése, a polarizáció-fok fogalma. Polarizáció fénytörés és fényvisszaverődés esetén: Brewster törvénye és a Fresnel-képletek. A fény kettős törése, a kettős törés esetei. Lineárisan poláros fény előállítása, polarizációs szűrők. Elliptikusan poláros fény előállítása. Interferencia poláros fényben. Optikai aktivitás. A szórt fény polarizációja. Optikai eszközök felbontóképessége.

**Kötelező olvasmány:**

1. Dede Miklós-Demény András: Kísérleti Fizika 2. kötet, Kari Jegyzet, Tankönyvkiadó, 1979.
2. Kutiné Darai Judit, Dede Miklós, Demény András, Trócsányi Zoltán: Fizikafeladatok a Kísérleti fizika I/2-höz, KLTE, Debrecen, 1987.

## Ajánlott szakirodalom:

1. Litz József, Fizika II, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2005.
2. Eugene Hecht, Optics, 5th edition, Pearson education, 2016.
3. Francis A. Jenkins, Harvey E. White, Fundamentals of Optics, McGraw-Hill Primis Custom Publishing, 2001.

|                        |                |                         |                          |                             |           |                           |
|------------------------|----------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------|---------------------------|
| A tantárgy neve:       |                | <b>Optika gyakorlat</b> |                          |                             | Kódja:    | <b>TTFBG0103</b>          |
| Kötelező előtanulmány: |                | (p) Optika előadás      |                          |                             | Kódja:    | (p) TTFBE0103             |
| Típus                  | Heti óraszámok |                         |                          | Követelmény                 | Kredit    | Oktatás nyelve            |
|                        | Előadás        | Gyakorlat               | Labor                    |                             |           |                           |
| Nappali                | <b>0</b>       | <b>1</b>                | <b>0</b>                 | <b>aláírás + kollokvium</b> | <b>1</b>  | <b>magyar</b>             |
| Tantárgyfelelős oktató |                | neve:                   | <b>Csarnovics István</b> |                             | beosztása | <b>egyetemi adjunktus</b> |

**A kurzus célja, hogy a hallgatók**

- korábbi mechanika tanulmányaikban szerzett ismeretekre alapozva bővítsék ismereteiket az alapvető és származtatott fizikai mennyiségekről;
- megismerjék és képesek legyenek felsorolni, elemezni azokat a kísérleteket és felhalmozott megfigyeléseket, észleléseket, amelyek az optika fogalomrendszerének kialakulásához vezettek, és megértsék a belőlük levonható tapasztalatokat;
- megismerjék, megértsék és leírják azokat a jelenségeket és alkalmazásokat, amelyek a megismert optikai fogalmakkal értelmezhetők;
- jelentős önálló munka révén gyakorlatot szerezzenek fizikai számítások kivitelezésében;
- megismerjék az optika korszerű alaptankönyveit.

**A kurzus tartalma, témakörei**

A fény, mint elektromágnes hullám, paramétereinek megismerése, feladatok megoldása azok meghatározásának és megértésének céljából. Feladatok a fényhullám energiájának és impulzusának terjedésével, valamint fotometriai mennyiségekkel kapcsolatosan. Feladatok a geometriai optika alaptörvényeivel kapcsolatosan, fénytörés és visszaverődés számítására. Leképezési törvények használata gömbtükrök, síktükrök fókusz távolságának és fókuszpontjának meghatározására. Feladatok leképezési törvények használatára vékony és vastag lencsék esetén. Optikai eszközök paramétereinek meghatározása. Interferenciával kapcsolatos feladatok, az erősítés és kioltás meghatározása. Feladatok interferencia vékony rétegek témakörben. Az erősítés és kioltás feltételeinek meghatározása fényelhajlás során. Feladatok optikai eszközök szögfelbontó képessége és kettős résen megvalósuló elhajlás, interferencia témakörökben. Optikai rácsok paramétereinek meghatározása. Feladatok fényelhajlás és fényszórás rendezetlen részecskéken témakörben. Brewster törvénye és a Fresnel-képletek alkalmazása feladat megoldás során. Közégek kettős törésének megállapítása, feladatok optikai aktivitás témakörében.

**Kötelező olvasmány:**

1. Dede Miklós-Demény András: Kísérleti Fizika 2. kötet, Kari Jegyzet, Tankönyvkiadó, 1979.
2. Kutiné Darai Judit, Dede Miklós, Demény András, Trócsányi Zoltán: Fizikafeladatok a Kísérleti fizika I/2-höz, KLTE, Debrecen, 1987.

## Ajánlott szakirodalom:

1. Litz József, Fizika II, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2005.
2. Eugene Hecht, Optics, 5th edition, Pearson education, 2016.
3. Francis A. Jenkins, Harvey E. White, Fundamentals of Optics, McGraw-Hill Primis Custom Publishing, 2001

|                        |  |                    |       |                                 |   |                |
|------------------------|--|--------------------|-------|---------------------------------|---|----------------|
| A tantárgy neve:       | <b>Mechanika 2.</b>  |                    |       | Kódja:                          | <b>TTFBE0104</b>                        |                |
| Kötelező előtanulmány: | Mechanika 1<br>(k) Mechanika 2 gyakorlat<br>Lineáris algebra |                    |       | Kódja:                          | TTFBE0101<br>(k) TTFBG0104<br>TTMBE0815 |                |
| Típus                  | Heti óraszámok   |                    |       | Követelmény                     | Kredit                                  | Oktatás nyelve |
|                        | Előadás  | Gyakorlat          | Labor |                                 |   |                |
| Nappali                | 2  | 0                  | 0     | <b>aláírás +<br/>kollokvium</b> | 3                                       | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató | neve:  | <b>Nagy Sándor</b> |       | beosztása                       | <b>egyetemi docens</b>                  |                |

**A kurzus célja, hogy a hallgatók**

megértsék, hogyan írható le a testek mozgása, megismerjék a mozgásegyenleteket a newtoni, Lagrange és a Hamilton formalizmus keretében, ismerkedjenek meg speciális mozgásokkal, továbbá a folyadékok és a deformálható testek mechanikájával;  
képesse váljanak önállóan megoldani mechanikai problémákat egyszerűbb kölcsönhatások esetén tömegpontokra, tömegpontrendszerekre, folyadékokra és deformálható testekre;  
tisztában legyen a klasszikus mechanika alkalmazhatóságának határaival.

**A kurzus tartalma, témakörei**

Harmonikus rezgőmozgás. Hullámok. Lineáris szuperpozíció és interferencia. Általános koordináták és kényszerek. Legkisebb hatás elve. Euler-Lagrange-féle mozgásegyenletek. Szimmetriák, Galilei-féle relativitási elv, tértükrözési és időtükrözési szimmetria. Lagrange-függvények. Elsőfajú Lagrange-egyenletek. Szimmetriák és megmaradási törvények, Noether tétele. Newton II. törvénye (erő és erőtvény), hatás-ellenhatás törvénye, erőhatások függetlenségének elve, impulzustétel, impulzusmomentum-tétel, mechanikai egyensúly. Munkatétel, potenciális energia, konzervatív erő, energiamegmaradás, energiáméreg. Szabad mozgás, közegellenállás, csúszási és tapadási súrlódás. Részecske egy-dimenziós mozgása külső potenciálban. Lineáris harmonikus oszcillátor szabad rezgése, csillapított rezgése és kényszerrezgése, gyenge és erős csillapítás, rezonancia. Hamilton egyenletek, Legendre transzformáció. Rugalmas közeg modellezése. Rugalmasan deformálható közeg jellemzése, a deformációs tenzor. A mechanikai feszültség tenzora, Hook-törvény. Rugalmas közegek deformációja. Folyadékok áramlásának Euler-féle leírása. Az anyagmegmaradás lokális törvénye. Hidrosztatika. Euler-egyenlet és Bernoulli törvénye.

**Kötelező olvasmány:**

Sailer Kornél: Bevezetés a mechanikába 1. (elektronikus jegyzet)

## Ajánlott szakirodalom:

Budó Ágoston: Mechanika, Tankönyvkiadó, 1972.

Herbert Goldstein: Classical Mechanics, Addison-Wesley, 1980.

|   |                |  |                    |                                      |           |                            |
|---|----------------|--|--------------------|--------------------------------------|-----------|----------------------------|
| A tantárgy neve:  |                | <b>Mechanika 2. gyakorlat</b>                                |                    |                                      | Kódja:    | <b>TTFBG0104</b>           |
| Kötelező előtanulmány:  |                | (p) Mechanika 2 előadás<br>Differenciál- és integrálszámítás |                    |                                      | Kódja:    | (p) TTFBE0104<br>TTMBE0813 |
| Típus   | Heti óraszámok |  |                    | Követelmény                          | Kredit    | Oktatás nyelve             |
|   | Előadás        | Gyakorlat  | Labor              |                                      |           |                            |
| Nappali   | <b>0</b>       | <b>2</b>   | <b>0</b>           | <b>aláírás +<br/>gyakorlati jegy</b> | <b>3</b>  | <b>magyar</b>              |
| Tantárgyfelelős oktató  |                | neve:  | <b>Nagy Sándor</b> |                                      | beosztása | <b>egyetemi docens</b>     |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <p>elmélyítsék ismereteiket a mechanika törvényeinek használatában tömegpontokra, tömegpontrendszerekre, folyadékokra és deformálható testekre;</p> <p>gyakorolják a klasszikus mozgásokra vonatkozó fogalmak és törvények használatát feladatok megoldására; fejlesszék feladatmegoldó készségüket.</p>   |                |  |                    |                                      |           |                            |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>Körmozgás, harmonikus rezgőmozgás kinematikája, rezgések összetétele. Hullámmozgás, hullámegyenlet. Egyszerű rendszerek Lagrange-függvénye, Euler-Lagrange-egyenletei. Kényszerek, Lagrange-féle elsőfajú mozgásegyenletek. Impulzus, impulzuszómomentum, energia leszármaztatása Lagrange-függvényből, folytonos szimmetriák és megmaradási törvények, TKP megmaradása. Potenciális energia, konzervatív erőter. Részecske mozgása potenciáltérben. Lineáris harmonikus oszcillátor, csillapítás, gerjesztés. Hamilton egyenletek, Legendre transzformáció. Rugalmas testek egyensúlyi deformációja.</p> |                |  |                    |                                      |           |                            |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b></p> <p>Sailer Kornél: Bevezetés a mechanikába I. (elektronikus jegyzet)</p> <p>Ajánlott szakirodalom:<br/>Budó Ágoston: Mechanika, Tankönyvkiadó, 1972.</p>   |                |  |                    |                                      |           |                            |

|  |                |   |                         |                                 |           |   |
|--|----------------|---|-------------------------|---------------------------------|-----------|---|
| A tantárgy neve:   |                | <b>Elektromágnesség</b>   |                         |                                 | Kódja:    | <b>TTFBE0105</b>                        |
| Kötelező előtanulmány:   |                | Hőtan<br>(k) Elektromágnesség gyakorlat<br>Többváltozós függvények differenciál- és integrálszámítása |                         |                                 | Kódja:    | TTFBE0102<br>(k) TTFBG0105<br>TTMBE0814 |
| Típus  | Heti óraszámok |   |                         | Követelmény                     | Kredit    | Oktatás nyelve                          |
|  | Előadás        | Gyakorlat   | Labor                   |                                 |           |   |
| Nappali  | <b>4</b>       | <b>0</b>  | <b>0</b>                | <b>aláírás +<br/>kollokvium</b> | <b>6</b>  | <b>magyar</b>                           |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:   | <b>Trócsányi Zoltán</b> |                                 | beosztása | <b>egyetemi tanár</b>                   |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• korábbi mechanika és hőtani tanulmányaikban szerzett ismeretekre alapozva bővítsék ismereteiket az alapvető és származtatott elektromos és mágneses fizikai mennyiségekkel és a kísérleti tapasztalatok alapján bevezetett törvényekkel, amelyek a további természet- és alkalmazott tudományi tanulmányokat alapozzák meg</li> <li>• megismerjék és képesek legyenek felsorolni, elemezni azokat a kísérleteket és felhalmozott megfigyeléseket, észleléseket, amelyek az elektromágnesség témakör fogalomrendszerének kialakulásához vezettek, és megértsék a belőlük levonható tapasztalatokat;</li> <li>• megismerjék és egyszerű rendszerek elméleti vizsgálatára alkalmazni tudják az elektrosztatika, a magnetosztatika, valamint a változó elektromágneses mező általános, klasszikus törvényeit;</li> <li>• megismerjék, megértsék és leírják azokat a jelenségeket és alkalmazásokat, amelyek az elektromágnesség klasszikus elméletének segítségével értelmezhetők;</li> <li>• jelentős önálló munka révén gyakorlatot szerezzenek elektromágneses fizikai számítások kivitelezésében;</li> <li>• megismerjék az elektromágnesség korszerű aaptankönyveit.</li> </ul> |                |   |                         |                                 |           |   |

|   |
|---|
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>Elektrosztatikai alapjelenségek és alapfogalmak. A sztatikus elektromos tér törvényszerűségei. Vezetők és szigetelők fogalma, az elektrosztatikus tér vezetők környezetében. A kapacitás fogalma, kondenzátorok. Az elektrosztatikus tér energiája és energiasűrűsége. Elektrosztatikus tér dielektrikumokban. A stacionárius áram, az áramerősség, az áramsűrűség és az ellenállás fogalma. Ohm törvénye, Joule törvénye, az áramvezetés anyagszerkezeti értelmezése. Egyszerű áramkörök, az elektromotoros erő, Kirchhoff törvényei. A folyadékok áramvezetésének alapjelenségei, áramvezetés gázokban. A mágneses tér fogalma, erőhatás mágneses térben, a mágneses indukcióvektor fogalma. Mozgó töltések és stacionárius áram mágneses tere: Biot–Savart és Amper törvénye. Mágneses tér anyagi közegben: dia-, para- és ferromágnesség. Töltött részecskék mozgása elektromos és mágneses térben. Az elektromágneses indukció jelensége, Faraday és Lenz törvénye. A mágneses tér energiája és energiasűrűsége. Elektromágneses rezgések. Váltakozó áram, tulajdonságai, jellemzői, az impedancia fogalma. Váltakozó áramú generátorok és motorok, a háromfázisú hálózat, a transzformátor. Az Ampere-Maxwell törvény. Az eltolódási áram fogalma, az indukált elektromos mező és tulajdonságai. A Maxwell egyenletek integrális és differenciális alakja, potenciálok, hullámegyenlet. Elektromágneses hullámok. Az elektromágneses tér energiája.</p> |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b></p> <p>Hevesi Imre, Elektromosság, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest</p> <p>Ajánlott szakirodalom:</p> <p>Litz József: Fizika II., Termodinamika és molekuláris fizika, Elektromosság és mágnesség, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest</p> <p>Budó Ágoston, Kísérleti Fizika II., Tankönyvkiadó, Budapest</p>  |

|  |                |                                   |                      |                                  |           |                        |
|--|----------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------------------|-----------|------------------------|
| A tantárgy neve:   |                | <b>Elektromágnesség gyakorlat</b> |                      |                                  | Kódja:    | <b>TTFBG0105</b>       |
| Kötelező előtanulmány:   |                | (p) Elektromágnesség előadás      |                      |                                  | Kódja:    | (p) TTFBE0105          |
| Típus  | Heti óraszámok |                                   |                      | Követelmény                      | Kredit    | Oktatás nyelve         |
|  | Előadás        | Gyakorlat                         | Labor                |                                  |           |                        |
| Nappali  | <b>0</b>       | <b>2</b>                          | <b>0</b>             | <b>aláírás + gyakorlati jegy</b> | <b>3</b>  | <b>magyar</b>          |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:                             | <b>Daróczy Lajos</b> |                                  | beosztása | <b>egyetemi docens</b> |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• elmélyítsék ismereteiket az elektromágnesség alapvető és származtatott fizikai mennyiségeiről;</li> <li>• megtanulják alkalmazni az elektromágnesség klasszikus törvényeit feladatok megoldásában;</li> <li>• megismerjék, megértésük és leírják azokat a jelenségeket és alkalmazásokat, amelyek az elektromágnesség klasszikus elméletével értelmezhetők;</li> <li>• jelentős önálló munka révén gyakorlatot szerezzenek fizikai számítások kivitelezésében;</li> <li>• megismerjék az elektromágnesség korszerű szakkönyveit.</li> </ul>  |                |                                   |                      |                                  |           |                        |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>Elektromos töltés, ponttöltés, sztatikus elektromos hatás, töltésmegosztás, Coulomb-törvény, az elektromos térerősség fogalma, meghatározása különböző töltéseloszlásoktól. Gauss-tétel, alkalmazása magas fokú szimmetriával rendelkező vektorterekre. Elektromos dipólus. Az elektrosztatikai tér örvénymentessége, az elektromos potenciál. Kapacitás, kondenzátorok, kondenzátorok kapcsolásai. Elektrosztatikai tér energiája. Elektrosztatikai mennyiségek mérése. Elektrosztatikus tér dielektrikumokban, polarizáció, elektromos eltolódási vektor, Gauss-törvénye dielektrikumokban. Az elektrosztatikus tér viselkedése közegethatároknál. A stacionárius áram fogalma, áramerősség, áramsűrűség, vezetőképesség, és ellenállás fogalom. Az Ohm-törvény. Ellenállások kapcsolásai. Egyszerű és összetett áramkörök. Az elektromotoros erő. Kirchhoff törvényei. A folyadékok áramvezetésének alapjelenségei, az elektrolízis, galvánelemek. Mozgó töltések és a stacionárius áram mágneses tere, a mágneses indukció. Különböző geometriájú áramvezetőktől a mágneses indukció meghatározása. Biot–Savart törvény. Erőhatások mágneses térben. Amper-féle gerjesztési törvény és alkalmazásai. A mágneses tér energiája. Hall-effektus. Elektromágneses indukció. Önindukció, kölcsönös indukció. Elektromágneses rezgések. RL, LC és RLC áramkörök. Váltakozó áram, tulajdonságai, jellemzői, az impedancia fogalma. Váltakozó áramú generátorok és motorok, a háromfázisú hálózat.</p> |                |                                   |                      |                                  |           |                        |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b></p> <p>Litz József: Fizika II., Termodinamika és molekuláris fizika, Elektromosság és mágnesség, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest</p> <p>Ajánlott szakirodalom:</p> <p>Budó Ágoston, Kísérleti Fizika II., Tankönyvkiadó, Budapest</p>  |                |                                   |                      |                                  |           |                        |

|  |                |   |                       |                   |           |   |
|--|----------------|---|-----------------------|-------------------|-----------|---|
| A tantárgy neve:   |                | <b>Kondenzált anyagok 1</b>                         |                       |                   | Kódja:    | <b>TTFBE0106</b>                        |
| Kötelező előtanulmány:   |                | Hőtan<br>Optika<br>(k) Kondenzált anyagok gyakorlat |                       |                   | Kódja:    | TTFBE0102<br>TTFBE0103<br>(k) TTFBG0106 |
| Típus  | Heti óraszámok |   |                       | Követelmény       | Kredit    | Oktatás nyelve                          |
|  | Előadás        | Gyakorlat   | Labor                 |                   |           |   |
| Nappali  | <b>2</b>       | <b>0</b>  | <b>0</b>              | <b>kollokvium</b> | <b>3</b>  | <b>magyar</b>                           |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:   | <b>Cserhádi Csaba</b> |                   | beosztása | <b>egyetemi docens</b>                  |
| <p><b>A kurzus célja,</b> hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• korábbi mechanikai, hőtani tanulmányaikban szerzett ismeretekre alapozva bővítsék ismereteiket kondenzált anyagok fizikája területén;</li> <li>• megismerjék az alapvető kristályrendszereket és kristálytípusokat és ezen ismereteiket képesek legyenek használni különböző alapvető mennyiségek (sűrűség, rácsállandó, rácssíktávolság) kiszámítására;</li> <li>• megismerjék az alapvető kristályhibákat, valamint a diffúzió fontosabb összefüggéseit;</li> <li>• megismerjék és használják a rugalmasan és plasztikusan deformálható szilárd testek fizikáját;</li> <li>• megismerjék a polimerek és kerámiák szerkezetét</li> <li>• megismerjék az anyagok alapvető mágneses tulajdonságait</li> </ul>   |                |   |                       |                   |           |   |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>Kötések: az atom szerkezete, kötőerők és kötési energia, elsődleges kötések (ionos, kovalens, fémes), másodlagos kötések (van der Waals, hidrogén). Kristályrácsok: egységcella, fémek kristályos szerkezete, kristályrendszerek és kristálytípusok (primitív, bcc, fcc, hcp), krisztallográfiai pontok, irányok, síkok (Miller indexek), lineáris és síkbeli atomsűrűség, szoros pakolás, egykristályok, polikristályos anyagok, a diffrakció alapjai. Kristályhibák: legfontosabb kristályhibák, intersticiós atom, vakancia, él és csavar-diszlokáció, ötvözet, szilárd oldat, fázis és szemcsehatár. Diffúzió: a diffúzió definíciója és alapvető törvényei, időfüggetlen diffúziós egyenlet, illetve annak megoldása egyszerű kezdeti feltételek esetén, időfüggő diffúziós egyenlet, illetve annak megoldása egyszerű kezdeti és határfeltételek esetén. Deformálható testek: az anyag elasztikus jellemzői, Hooke-törvény, összefüggés a rugalmassági állandók között, szakítódiagram, folyáshatár, szakítószilárdság, keménység, Hooke-törvény tenzoros alakja izotrop anyagokra. Diszlokációk és képlékeny alakváltozás: diszlokációk jellemzése, csúszási síkok, csúszás egy és polikristályos anyag esetén, deformáció ikresedéssel, az anyag szilárdságának növelése, rekrisztallizáció. Kerámiák és polimerek: kerámiák szerkezete, szilikátok és üvegek, kristályhibák és diffúzió kerámiákban, a kerámiák rugalmas jellemzői; polimerek szerkezete, polimer molekulák (molekula súly, alak, szerkezet, konfiguráció), termo és duroplasztikus polimerek, kopolimerek, kristályos polimerek, a polimerek mechanikai tulajdonságai. Mágneses tulajdonságok: a mágnesség alapvető fogalmai, a mágnesség és az anyag szerkezetének kapcsolata, dia, para, ferro, ferri és antiferro mágnesség, a hőmérséklet hatása a mágneses anyagokra (Curie és Neel hőmérséklet), mágneses domének. Modern anyagvizsgálati módszerek: optikai és pásztázó elven működő mikroszkópok (transzmissziós és pásztázó elektronmikroszkóp, pásztázó szonda mikroszkópok) és azok különböző üzemmódjai, a röntgen diffraktométer.</p> |                |   |                       |                   |           |   |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b></p> <p>Charles Kittel: Bevezetés a szilárd test fizikába, Műszaki könyvkiadó, Budapest</p> <p>A.G. Guy: Fémfizika, Műszaki könyvkiadó Budapest 1978</p> <p>Ajánlott szakirodalom:</p> <p>William D. Callister, Jr. David G. Rethwisch Materials Science and Engineering, An Introduction, Wiley</p> <p>M.A. Omar: Elementary Solid State Physics, Principles and Applications</p>  |                |   |                       |                   |           |   |

|  |                |                                       |                       |                        |           |                        |
|--|----------------|---------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------|------------------------|
| A tantárgy neve:   |                | <b>Kondenzált anyagok 1 gyakorlat</b> |                       |                        | Kódja:    | <b>TTFBG0106</b>       |
| Kötelező előtanulmány:   |                | (p) Kondenzált anyagok 1 előadás      |                       |                        | Kódja:    | (p) TTFBE0106          |
| Típus  | Heti óraszámok |                                       |                       | Követelmény            | Kredit    | Oktatás nyelve         |
|  | Előadás        | Gyakorlat                             | Labor                 |                        |           |                        |
| Nappali  | <b>0</b>       | <b>2</b>                              | <b>0</b>              | <b>gyakorlati jegy</b> | <b>3</b>  | <b>magyar</b>          |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:                                 | <b>Cserhádi Csaba</b> |                        | beosztása | <b>egyetemi docens</b> |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• korábbi mechanikai, hőtani tanulmányaikban szerzett ismeretekre alapozva bővítsék ismereteiket kondenzált anyagok fizikája területén;</li> <li>• megismerjék az alapvető kristályrendszereket és kristálytípusokat és ezen ismereteiket képesek legyenek használni különböző alapvető mennyiségek (sűrűség, rácsállandó, rácstávolság) kiszámítására;</li> <li>• megismerjék az alapvető kristályhibákat, valamint a diffúzió fontosabb összefüggéseit;</li> <li>• megismerjék és használják a rugalmasan és plasztikusan deformálható szilárd testek fizikáját;</li> <li>• megismerjék a polimerek és kerámiák szerkezetét</li> <li>• megismerjék az anyagok alapvető mágneses tulajdonságait</li> </ul>  |                |                                       |                       |                        |           |                        |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>Kötések: az atom szerkezete, kötőerők és kötési energia, elsődleges kötések (ionos, kovalens, fémes), másodlagos kötések (van der Waals, hidrogén). Kristályrácsok: egységcella, fémek kristályos szerkezete, kristályrendszerek és kristálytípusok (primitív, bcc, fcc, hcp), krisztallográfiai pontok, irányok, síkok (Miller indexek), lineáris és síkbeli atomsűrűség, szoros pakolás, egykristályok, polikristályos anyagok, a diffrakció alapjai. Kristályhibák: legfontosabb kristályhibák, intersticiós atom, vakancia, él és csavar-diszlokáció, ötvözet, szilárd oldat, fázis és szemcsehatár. Diffúzió: a diffúzió definíciója és alapvető törvényei, időfüggetlen diffúziós egyenlet, illetve annak megoldása egyszerű kezdeti feltételek esetén, időfüggő diffúziós egyenlet, illetve annak megoldása egyszerű kezdeti és határfeltételek esetén. Deformálható testek: az anyag elasztikus jellemzői, Hooke-törvény, összefüggés a rugalmassági állandók között, szakítódiagram, folyáshatár, szakítószilárdság, keménység, Hooke-törvény tenzoros alakja izotrop anyagokra. Diszlokációk és képlékeny alakváltozás: diszlokációk jellemzése, csúszási síkok, csúszás egy és polikristályos anyag esetén, deformáció ikresedéssel, az anyag szilárdságának növelése, rekrisztallizáció. Kerámiák és polimerek: kerámiák szerkezete, szilikátok és üvegek, kristályhibák és diffúzió kerámiákban, a kerámiák rugalmas jellemzői; polimerek szerkezete, polimer molekulák (molekula súly, alak, szerkezet, konfiguráció), termo és duroplasztikus polimerek, kopolimerek, kristályos polimerek, a polimerek mechanikai tulajdonságai. Mágneses tulajdonságok: a mágnesség alapvető fogalmai, a mágnesség és az anyag szerkezetének kapcsolata, dia, para, ferro, ferri és antiferro mágnesség, a hőmérséklet hatása a mágneses anyagokra (Curie és Neel hőmérséklet), mágneses domének. Modern anyagvizsgálati módszerek: optikai és pásztázó elven működő mikroszkópok (transzmissziós és pásztázó elektronmikroszkóp, pásztázó szonda mikroszkópok) és azok különböző üzemmódjai, a röntgen diffraktométer.</p> |                |                                       |                       |                        |           |                        |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b></p> <p>Charles Kittel: Bevezetés a szilárd test fizikába, Műszaki könyvkiadó, Budapest</p> <p>A.G .Guy: Fémfizika, Műszaki könyvkiadó Budapest 1978</p> <p>Ajánlott szakirodalom:</p> <p>William D. Callister, Jr. David G. Rethwisch Materials Science and Engineering, An Introduction, Willey</p> <p>M.A. Omar: Elementary Solid State Physics, Principles and Applications</p>   |                |                                       |                       |                        |           |                        |

|   |                |   |                       |                   |           |                            |
|---|----------------|---|-----------------------|-------------------|-----------|----------------------------|
| A tantárgy neve:  |                | <b>Bevezetés a közönséges differenciálegyenletek elméletébe</b>   |                       |                   | Kódja:    | <b>TTMBE0817</b>           |
| Kötelező előtanulmány:  |                | Differenciál- és integrálszámítás<br>(k) Bevezetés a közönséges differenciálegyenletek elméletébe gyakorlat |                       |                   | Kódja:    | TTMBE0813<br>(k) TTMBG0817 |
| Típus   | Heti óraszámok |   |                       | Követelmény       | Kredit    | Oktatás nyelve             |
|   | Előadás        | Gyakorlat   | Labor                 |                   |           |                            |
| Nappali   | <b>2</b>       | <b>0</b>  | <b>0</b>              | <b>kollokvium</b> | <b>3</b>  | <b>magyar</b>              |
| Tantárgyfelelős oktató  |                | neve:   | <b>dr. Gát György</b> |                   | beosztása | <b>egyetemi tanár</b>      |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók a közönséges differenciálegyenletek elméletének legfontosabb egzisztenci és unicitási tételeit, az elemi úton megoldható típusokat, a lineáris egyenletrendszerek és magasabb rendű egyenletek elméletét, a variációszámítás elemeit megismerjék, egyúttal bepillantást kapjanak az elmélet alkalmazásaira.</p>  |                |   |                       |                   |           |                            |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b><br/>Elemi módon megoldható differenciálegyenletek. Cauchy-feladat; megoldás, teljes megoldás, lokálisan és globálisan egyértelmű megoldás fogalma. Lipschitz-feltétel; a globális-lokális egzisztencia és unicitási tétel. A kezdeti értéktől való folytonos függés. Az Arzela–Ascoli tétel és Peano tétele. Elsőrendű lineáris differenciálegyenlet-rendszerek; alapmátrix, Liouville-formula, konstans variálása. Állandó együtthatós lineáris differenciálegyenlet-rendszerek alapmátrixának előállítás. Magasabbrendű (lineáris) differenciálegyenletek és átviteli elv; Wronski-deteremináns és Liouville-formula. Állandó együtthatós magasabbrendű lineáris differenciálegyenletek alaprendszere. Stabilitás; Gronwall–Bellmann lemma és Ljapunov stabilitási tétele. A variációszámítás elemei: Du Bois-Reymond lemma és az Euler–Lagrange egyenlet. Alkalmazások.</p> |                |   |                       |                   |           |                            |
| <p>Ajánlott szakirodalom:<br/>1. Kósa András, Schipp Ferenc, Szabó Dániel: <i>Közönséges differenciálegyenletek I</i>, Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.<br/>2. Lajkó Károly: <i>Differenciálegyenletek</i>, Debreceni Egyetem Matematikai és Informatikai Intézet, 2002.<br/>3. A. F. Filippov: <i>Differenciálegyenletek példatár</i>, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1995.</p>  |                |   |                       |                   |           |                            |

|   |                |  |                       |                   |           |                       |
|---|----------------|--|-----------------------|-------------------|-----------|-----------------------|
| A tantárgy neve:  |                | <b>Bevezetés a közönséges differenciálegyenletek elméletébe</b>      |                       |                   | Kódja:    | <b>TTMBG0817</b>      |
| Kötelező előtanulmány:  |                | (p) Bevezetés a közönséges differenciálegyenletek elméletébe előadás |                       |                   | Kódja:    | (p) TTMBG0817         |
| Típus   | Heti óraszámok |  |                       | Követelmény       | Kredit    | Oktatás nyelve        |
|   | Előadás        | Gyakorlat  | Labor                 |                   |           |                       |
| Nappali   | <b>0</b>       | <b>2</b>   | <b>0</b>              | <b>kollokvium</b> | <b>2</b>  | <b>magyar</b>         |
| Tantárgyfelelős oktató  |                | neve:  | <b>dr. Gát György</b> |                   | beosztása | <b>egyetemi tanár</b> |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók a közönséges differenciálegyenletek elméletének legfontosabb egzisztenci és unicitási tételeit, az elemi úton megoldható típusokat, a lineáris egyenletrendszerek és magasabb rendű egyenletek elméletét, a variációszámítás elemeit megismerjék, egyúttal bepillantást kapjanak az elmélet alkalmazásaira.</p>  |                |  |                       |                   |           |                       |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b><br/>Elemi módon megoldható differenciálegyenletek. Elsőrendű lineáris differenciálegyenlet-rendszerek; alapmátrix, Liouville-formula, konstans variálása. Állandó együtthatós lineáris differenciálegyenlet-rendszerek alapmátrixának előállítás. Magasabbrendű (lineáris) differenciálegyenletek és átviteli elv; Wronski-deteremináns és Liouville-formula. Állandó együtthatós magasabbrendű lineáris differenciálegyenletek alaprendszere. A variációszámítás elemei: Du Bois-Reymond lemma és az Euler–Lagrange egyenlet.</p> |                |  |                       |                   |           |                       |
| <p><b>Ajánlott szakirodalom:</b><br/>1. Kósa András, Schipp Ferenc, Szabó Dániel: <i>Közönséges differenciálegyenletek I</i>, Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.<br/>2. Lajkó Károly: <i>Differenciálegyenletek</i>, Debreceni Egyetem Matematikai és Informatikai Intézet, 2002.<br/>3. A. F. Filippov: <i>Differenciálegyenletek példatár</i>, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1995.</p>   |                |  |                       |                   |           |                       |

|  |                |  |                           |                   |           |                            |
|--|----------------|--|---------------------------|-------------------|-----------|----------------------------|
| A tantárgy neve:   |                | <b>Valószínűségyszámítás és statisztika</b>  |                           |                   | Kódja:    | <b>TTMBE0818</b>           |
| Kötelező előtanulmány:   |                | Differenciál- és integrálszámítás<br>(k) Valószínűségyszámítás és statisztika<br>gyakorlat |                           |                   | Kódja:    | TTMBE0813<br>(k) TTMBG0818 |
| Típus  | Heti óraszámok |  |                           | Követelmény       | Kredit    | Oktatás nyelve             |
|  | Előadás        | Gyakorlat  | Labor                     |                   |           |                            |
| Nappali  | <b>2</b>       | <b>0</b>   | <b>0</b>                  | <b>kollokvium</b> | <b>3</b>  | <b>Magyar</b>              |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:  | <b>Dr. Muzsnay Zoltán</b> |                   | beosztása | <b>egyetemi docens</b>     |
| <b>A kurzus célja</b> , hogy a hallgatók megismerjék a valószínűségyszámítás és a matematikai statisztika alapvető fogalmait, módszereit és tételeit.  |                |  |                           |                   |           |                            |
| <b>A kurzus tartalma, témakörei</b><br>Valószínűségi mezők. Feltételes valószínűség, teljes valószínűség tétele, Bayes-tétel. Valószínűségi változók és eloszlásfüggvény. Várható érték, szórás. Nevezetes diszkrét és folytonos valószínűségi változók. A nagy számok törvényei. A centrális határeloszlás-tétel. Statisztikai becslések: torzítatlanság, hatásosság, konzisztencia. A maximum likelihood-módszer. Statisztikai próbák: u-próba, t-próba, $\chi^2$ -próbák. Konfidencia-intervallumok szerkesztése. |                |  |                           |                   |           |                            |
| Ajánlott szakirodalom:<br>Csernyák László (szerk.): <i>Valószínűségyszámítás</i> , Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2007.<br>Fazekas István (szerk.): <i>Bevezetés a matematikai statisztikába</i> , DE, Debrecen, 2009.<br>Fazekas István: <i>Valószínűségyszámítás</i> , Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, 2005<br>Székelyhidi László: <i>Valószínűségyszámítás és matematikai statisztika</i> , EKTF Líceum Kiadó, 1999.<br>Viharos László: <i>A sztochasztika alapjai</i> , Polygon, Szeged, 2008                |                |  |                           |                   |           |                            |

|  |                |   |                           |                        |           |                        |
|--|----------------|---|---------------------------|------------------------|-----------|------------------------|
| A tantárgy neve:   |                | <b>Valószínűségyszámítás és statisztika</b>         |                           |                        | Kódja:    | <b>TTMBG0818</b>       |
| Kötelező előtanulmány:   |                | (p) Valószínűségyszámítás és statisztika<br>előadás |                           |                        | Kódja:    | (p) TTMBE0818          |
| Típus  | Heti óraszámok |   |                           | Követelmény            | Kredit    | Oktatás nyelve         |
|  | Előadás        | Gyakorlat   | Labor                     |                        |           |                        |
| Nappali  | <b>0</b>       | <b>2</b>  | <b>0</b>                  | <b>gyakorlati jegy</b> | <b>2</b>  | <b>Magyar</b>          |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:   | <b>Dr. Muzsnay Zoltán</b> |                        | beosztása | <b>egyetemi docens</b> |
| <b>A kurzus célja</b> , hogy a hallgatók megismerjék a valószínűségyszámítás és a matematikai statisztika alapvető fogalmait, módszereit és tételeit.  |                |   |                           |                        |           |                        |
| <b>A kurzus tartalma, témakörei</b><br>Valószínűségi mezők. Feltételes valószínűség, teljes valószínűség tétele, Bayes-tétel. Valószínűségi változók és eloszlásfüggvény. Várható érték, szórás. Nevezetes diszkrét és folytonos valószínűségi változók. A nagy számok törvényei. A centrális határeloszlás-tétel. Statisztikai becslések: torzítatlanság, hatásosság, konzisztencia. A maximum likelihood-módszer. Statisztikai próbák: u-próba, t-próba, $\chi^2$ -próbák. Konfidencia-intervallumok szerkesztése.                   |                |   |                           |                        |           |                        |
| <b>Kötelező olvasmány:</b><br>Ajánlott szakirodalom:<br>Lukács Ottó: <i>Matematikai statisztika</i> , Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2002.<br>Nagy Márta, Sztrik János, Tar László: <i>Valószínűségyszámítás és matematikai statisztika feladatgyűjtemény</i> , Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, 2000.<br>Nagy-György Judit, Osztyényiné Krauczi Éva, Székely László: <i>Valószínűségyszámítás és statisztika példatár</i> , Polygon, Szeged, 2007.<br>Solt György: <i>Valószínűségyszámítás</i> , Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1993. |                |   |                           |                        |           |                        |

|  |                |  |                         |                                 |           |                            |
|--|----------------|--|-------------------------|---------------------------------|-----------|----------------------------|
| A tantárgy neve:   |                | <b>Atom- és kvantumfizika</b>                            |                         |                                 | Kódja:    | <b>TTFBE0107</b>           |
| Kötelező előtanulmány:   |                | Elektromágnesség<br>(k) Atom- és kvantumfizika gyakorlat |                         |                                 | Kódja:    | TTFBE0105<br>(k) TTFBG0107 |
| Típus  | Heti óraszámok |  |                         | Követelmény                     | Kredit    | Oktatás nyelve             |
|  | Előadás        | Gyakorlat  | Labor                   |                                 |           |                            |
| Nappali  | <b>2</b>       | <b>0</b>   | <b>0</b>                | <b>aláírás +<br/>kollokvium</b> | <b>3</b>  | <b>magyar</b>              |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:  | <b>Trócsányi Zoltán</b> |                                 | beosztása | <b>egyetemi tanár</b>      |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• korábbi mechanika, hőtan és elektromágnességtan tanulmányaik során szerzett ismereteikre támaszkodva megismerkedjenek az atom- és kvantumfizika elméleti és kísérleti alapjaival;</li> <li>• megismerjék és képesek legyenek felsorolni, elemezni azokat a kísérleteket és felhalmozott megfigyeléseket, észleléseket, amelyek a kvantumfizika kialakulásához vezettek;</li> <li>• megismerjék és egyszerű atomfizikai rendszerek elméleti vizsgálatára alkalmazni tudják a kvantumfizika törvényeit a Bohr-féle atommodell keretein belül;</li> <li>• jelentős önálló munka révén gyakorlatot szerezzenek egyszerűbb kvantumfizikai számítások kivitelezésében;</li> <li>• megismerjék a kvantumfizika bevezető/alapozó jellegű alaptankönyveit.</li> </ul>   |                |  |                         |                                 |           |                            |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>Komplementaritás elve. A fény hullámtermészete: fényelhajlás résen, rácson, Young-féle kísérlet. A fény kvantum természete: hőmérsékleti sugárzás tapasztalatai, Reyleigh-Jeans törvény, Planck-törvény. A fény kvantum természete: a Planck törvény következményei. Stefan-Boltzmann és Wien-féle eltolódás értelmezése. A fény kvantum természetének közvetlen kimutatása: fotoeffektus, Compton-szórás. A Rutherford-kísérlet. A Rutherford-szórási hatáskeresztmetszet. Az atommag felfedezése. Rutherford-szórás differenciális szórási hatáskeresztmetszete pontszerű és kiterjedt szórócentrumon. Hidrogén atom vonalas színképe. Rydberg-Balmer képlet. Bohr-féle atommodell és az elektron pályaperdülete. Mágneses tér hatása a színkép vonalakra (Zeeman-hatás, Larmor-frekvencia). Einstein - de Haas kísérlet, az elektron spinje. Karakterisztikus röntgensugárzás, indukált emisszió, lézerek. A periódusos rendszer, Stern-Gerlach-kísérlet. A színkép vonalak finomszerkezete (spin-pálya kölcsönhatás). A neutron felfedezése. Chadwick és Hofstadter kísérletei. A béta-bomlás (pozitív, negatív és elektronbefogás). A neutrínó közvetett kimutatása: Csikai-Szalay kísérlet. A neutrínó közvetlen kimutatása: Reines-Cowan kísérlet. Neutrínók tulajdonságai. A Davis kísérlete, SNO-kísérlet. Neutrínók ízrengése.</p> |                |  |                         |                                 |           |                            |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b></p> <p>Hevesi Imre, Szatmári Sándor: Bevezetés az atomfizikába, JATEPress 2002</p> <p>Ajánlott szakirodalom:</p> <p>Erostyák János, Litz József (szerk.): Fizika III, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2006</p>  |                |  |                         |                                 |           |                            |

|  |                |   |                         |                                      |           |                       |
|--|----------------|---|-------------------------|--------------------------------------|-----------|-----------------------|
| A tantárgy neve:   |                | <b>Atom- és kvantumfizika gyakorlat</b> |                         |                                      | Kódja:    | <b>TTFBG0107</b>      |
| Kötelező előtanulmány:   |                | (p) Atom- és kvantumfizika előadás      |                         |                                      | Kódja:    | (k) TTFBE0107         |
| Típus  | Heti óraszámok |   |                         | Követelmény                          | Kredit    | Oktatás nyelve        |
|  | Előadás        | Gyakorlat                               | Labor                   |                                      |           |                       |
| Nappali  | <b>0</b>       | <b>2</b>                                | <b>0</b>                | <b>aláírás +<br/>gyakorlati jegy</b> |           | <b>magyar</b>         |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:                                   | <b>Trócsányi Zoltán</b> |                                      | beosztása | <b>egyetemi tanár</b> |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• elmélyítsék ismereteiket atom- és kvantumfizikai mennyiségekről;</li> <li>• megtanulják alkalmazni az atom- és kvantumfizika törvényeit, valamint alapfogalmait feladatok megoldásában;</li> <li>• megismerjék, megértsék és leírják azokat a jelenségeket és alkalmazásokat, amelyek az atom- és kvantumfizika segítségével értelmezhetők;</li> <li>• jelentős önálló munka révén gyakorlatot szerezzenek kvantumfizikai számítások kivitelezésében;</li> <li>• megismerjék az atom- és kvantumfizika korszerű szakkönyveit.</li> </ul> |                |   |                         |                                      |           |                       |

**A kurzus tartalma, témakörei**

Feladatok fényelhajlás és interferencia témakörben. Hőmérsékleti sugárzással kapcsolatos feladatok számítása illetve a Wien-féle eltolódási és a Stefan-Boltzmann törvény alkalmazása. Planck törvény alkalmazása feladatok megoldásában. A Bragg-törvény és de-Broglie-féle anyaghullám feltevés alkalmazása. Az alpha részecske pályájának meghatározása Rutherford-szórás esetén. Differenciális szórási hatáskeresztmetszetre vonatkozó számítási feladatok. A Rydberg-Balmer képlet alkalmazása. Landau-Lifshitz-Gilbert egyenlet megoldása statikus mágneses tér esetén. Zeeman-hatással kapcsolatos feladatok számítása. Karakterisztikus röntgensugárzásra vonatkozó feladatok megoldása. A Mosley törvény alkalmazása. Inverz populáció negatív hőmérsékletként való értelmezése. Feladatok megoldása periódusos rendszer témakörben. Béta-bomlással kapcsolatos számítási feladatok, energiaviszonyok tárgyalása. Feladatok megoldása neutrínók érzékelésével kapcsolatosan.

**Kötelező olvasmány:**

Hevesi Imre, Szatmári Sándor: Bevezetés az atomfizikába, JATEPress 2002

Ajánlott szakirodalom:

David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker: Fundamentals of Physics, John Wiley & Sons 2001

Robert Eisberg, Robert Resnick: Quantum Physics of atoms, molecules, solids, nuclei, and particles, John Wiley and Sons 1985

|                        |                |   |                    |                             |               |   |
|------------------------|----------------|---|--------------------|-----------------------------|---------------|---|
| A tantárgy neve:       |                | <b>Elektrodinamika</b>  |                    |                             | Kódja:        | <b>TTFBE0108</b>                        |
| Kötelező előtanulmány: |                | Mechanika II<br>Elektromágnesség<br>(k) Elektrodinamika gyakorlat |                    |                             | Kódja:        | TTFBE0104<br>TTFBE0105<br>(k) TTFBG0108 |
| Típus                  | Heti óraszámok |   |                    | Követelmény                 | Kredit        | Oktatás nyelve                          |
|                        | Előadás        | Gyakorlat   | Labor              |                             |               |   |
| Nappali                | <b>2</b>       | <b>0</b>  | <b>0</b>           | <b>Aláírás + kollokvium</b> | <b>4</b>      | <b>magyar</b>                           |
| Tantárgyfelelős oktató |                | neve:   | <b>Vibók Ágnes</b> |                             | beosztás<br>a | <b>egyetemi tanár</b>                   |

**A kurzus célja, hogy a hallgatók**

- megismerjék a klasszikus elektrodinamika fogalmkörét;
- megismerjék és a Maxwell egyenletek alapján értelmezni tudják a klasszikus elektrodinamika törvényszerűségeit;
- megismerjék és leírják azokat a jelenségeket és alkalmazásokat, amelyek a klasszikus elektrodinamika segítségével értelmezhetők;
- gyakorlatot szerezzenek elektrodinamikai számítási feladatok megoldásában;

**A kurzus tartalma, témakörei**

Elektromos és mágneses alapfogalmak. Maxwell-egyenletek (integrális és differenciális alak). Anyagi egyenletek. Differenciális Ohm törvény. Kontinuitási egyenlet. Az elektromos töltés megmaradása. Relaxációs idő. Maxwell-egyenletek teljessége. Határfeltételek egyenletek. Az elektromágneses tér energiája. Poynting vektor. Az elektromágneses tér impulzusa. Maxwell-féle feszültség tenzor. Ponderomotoros erők. Elektromágneses potenciálok homogén izotróp szigetelőkben és vezetőkben. Lorentz és Coulomb mérték. Elektrosztatika. Poisson-egyenlet. Ponttöltés elektrosztatikus tere. Folytonos töltéelosztás potenciálja. Vezetők elektrosztatikus tere. Pontszerű dipól potenciálja. Kettősréteg. Elektrétek. Dielektrikum polarizációja. Elektrosztatikus tér energiája. Thomson tétel. Magnetosztatika. Stacionárius áramok. Alapegyenletek. Általánosított Ohm-törvény. Kirchhoff-törvények. Stacionárius áramok vektorpotenciálja. Biot-Savart törvény. Stacionárius áram mágneses terének energiája. Indukciós együttthatók. Önindukció. Mágneses kettősréteg. Kvázistacionárius áramok elektromágneses terének alapegyenletei. Skalár és vektorpotenciálok kiszámítása. RL-kör. Gyorsan változó elektromágneses terek alapegyenletei. Az elektromágneses tér potenciáljai. Avanzsált és retardált potenciálok. Elektromágneses hullámok homogén, izotróp szigetelőkben. Pont dipólus és antenna sugárzás. Elektromágneses hullámok homogén, izotróp vezetőkben. Üregrezonátorok.

**Kötelező olvasmány:**

Nagy Károly: Elektrodinamika (Tankönyvkiadó, Budapest).

Ajánlott szakirodalom:

Jackson: Classical Electrodynamics (WILEY&SONS, 1985).

Koós István: Elektrodinamika és optika I (Kossuth Egyetemi Kiadó, 1997).

|  |                |                                  |                    |                                      |           |                       |
|--|----------------|----------------------------------|--------------------|--------------------------------------|-----------|-----------------------|
| A tantárgy neve:   |                | <b>Elektrodinamika gyakorlat</b> |                    |                                      | Kódja:    | <b>TTFBG0108</b>      |
| Kötelező előtanulmány:   |                | (p) Elektrodinamika előadás      |                    |                                      | Kódja:    | <b>(p) TTFBE0108</b>  |
| Típus  | Heti óraszámok |                                  |                    | Követelmény                          | Kredit    | Oktatás nyelve        |
|  | Előadás        | Gyakorlat                        | Labor              |                                      |           |                       |
| Nappali  | <b>0</b>       | <b>2</b>                         | <b>0</b>           | <b>aláírás +<br/>gyakorlati jegy</b> | <b>2</b>  | <b>magyar</b>         |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:                            | <b>Vibók Ágnes</b> |                                      | beosztása | <b>egyetemi tanár</b> |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>az előadáson megismert formalizmust elmélyítsék;</li> <li>a vektoranalízis matematikai apparátusát ismerje és tudja alkalmazni a feladatok megoldása során;</li> <li>megismerkedjen a klasszikus elektrodinamika alapvető egyenleteivel és képes legyen azok megoldására;</li> <li>tisztában legyen a klasszikus fenomenológiai elektrodinamika korlátaival;</li> </ul>  |                |                                  |                    |                                      |           |                       |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>Ismétlés: Vektoranalízis. Egyszerű feladatok az elektrosztatika témaköréből. Coulomb-törvény. Elektromos potenciál számítása. Gauss-tétel. Az elektrosztatika alapegyenlete (Poisson-egyenlet). A Poisson-egyenlet megoldása diszkrét töltés elrendeződésekre. A Poisson-egyenlet megoldása folytonos töltéssűrűségekre. Töltött sík; töltött gömb elektromos erőtere. Töltött vezetők tere. A tükrözési módszer. Ponttöltés vezető síkfelület közelében. Ponttöltés vezető gömb közelében. Egyenáramok. Egyszerű lineáris áramköri feladatok megoldása. Delta-csillag és csillag-delta átalakítások. Hurokáramok módszere, csomóponti potenciálok módszere. Egyenáramok mágneses tere. Biot-Savart-törvény. Mágneses tér kiszámítása vektorpotenciál segítségével. A mágneses tér energiájának számítása. Indukciós együtthatók számítása. Kvázistacionárius áramkörök. Az RLC-kör. Elektromágneses hullámok. A hullámeqyenlet síkhullám és gömbhullám típusú megoldásai.</p> |                |                                  |                    |                                      |           |                       |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b></p> <p>Nagy Károly: Elektrodinamika (Tankönyvkiadó, Budapest).</p> <p>Koós István: Elektrodinamika és optika I (Kossuth Egyetemi Kiadó, 1997).</p> <p>Ajánlott szakirodalom:</p> <p>Jackson: Classical Electrodynamics (WILEY&amp;SONS, 1985).</p>   |                |                                  |                    |                                      |           |                       |

|   |                |  |                       |                   |           |   |
|---|----------------|--|-----------------------|-------------------|-----------|---|
| A tantárgy neve:  |                | <b>Kondenzált anyagok 2</b>  |                       |                   | Kódja:    | <b>TTFBE0109</b>                            |
| Kötelező előtanulmány:  |                | Kondenzált anyagok 1<br>(k) Kondenzált anyagok 2 gyakorlat<br>(p) Kvantummechanika |                       |                   | Kódja:    | TTFBE0106<br>(k) TTFBG0109<br>(p) TTFBE0110 |
| Típus   | Heti óraszámok |  |                       | Követelmény       | Kredit    | Oktatás nyelve                              |
|   | Előadás        | Gyakorlat  | Labor                 |                   |           |   |
| Nappali   | <b>2</b>       | <b>0</b>   | <b>0</b>              | <b>kollokvium</b> | <b>3</b>  | <b>magyar</b>                               |
| Tantárgyfelelős oktató  |                | neve:  | <b>Erdélyi Zoltán</b> |                   | beosztása | <b>egyetemi tanár</b>                       |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• korábbi mechanikai, hőtani kondenzált anyagok tanulmányaikban szerzett ismeretekre alapozva bővítsék ismereteiket kondenzált anyagok fizikája területén;</li> <li>• megismerjék és képesek legyenek használni a kétalkotós fázisdiagrammokat;</li> <li>• megismerjék a rácsrezgések, a fononok elméletének alapjait, melyet felhasználva képesek legyenek a kristályos szilárdtestek néhány tulajdonságának (fajhő, hővezetés) leírására;</li> <li>• megismerjék a fémek szabad-elektron modelljét, melyet felhasználva megértsék a fémek elektromos vezetőképességének és fajhőjének mikroszkopikus hátterét;</li> <li>• megismerjék a szilárdtestek sávmélettének alapjait, az alapvető félvezető eszközöket, az anyagok alapvető optikai tulajdonságait</li> </ul> |                |  |                       |                   |           |   |

|  |
|--|
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>Fázisdiagramok: oldékonysági határ, fázisok, mikroszerkezet, fázisegyensúly, egy- és izomorf kétkomponensű fázisdiagramok, eutektikus ötvözetek, fázisszabály, köztes fázisok, vegyületfázisok. Rácsrezgések: rugalmas hullámok kontinuumban, rezgési módok, kontinuum állapotsűrűsége, fajhő (Einstein modell, Debye modell); a fonon; hullámmozgás azonos atomokból álló láncon, egydimenziós kristály kétféle atomból, hővezetés; röntgen-, neutron sugárzás és látható fény rugalmatlan szórása rácson. Fémek szabad-elektron modellje: a fajlagos elektromos vezetőképesség és az Ohm-törvény; az elektromos ellenállás hőmérsékletfüggése, a vezetési elektronok fajhője; Fermi felület; hővezetés fémekben; Hall effektus; a szabad-elektron modell határai. Szilárdtestek sávmélete: hullámfüggvények periodikus rácspan, Bloch-tétel, Brillouin-zónák; tiltott sáv eredete; Kronig-Penney modell; Félvezetők: intrinszik félvezetők, lyukak, saját vezetőképesség; extrinszik félvezetők, adalékolás; félvezető eszközök, dióda, tranzisztor. Dielektrikumok: ferro- és piezoelektromos anyagok. Optikai tulajdonságok: fémek optikai tulajdonságai, nem fémek anyagok optikai tulajdonságai, törés visszaverődés, reflexióképesség, abszorpció, transzmisszió, szín, szigetelők átlátszósága és áttetszősége, lumineszcencia, fényvezetés; optikai eszközök, fotodióda, napelem, optikai szál.</p> |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b></p> <p>Charles Kittel: Bevezetés a szilárd test fizikába, Műszaki könyvkiadó, Budapest</p> <p>A.G. Guy: Fémfizika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978</p> <p>Ajánlott szakirodalom:</p> <p>William D. Callister, Jr. David G. Rethwisch Materials Science and Engineering, An Introduction, Wiley</p> <p>M.A. Omar: Elementary Solid State Physics, Principles and Applications</p>  |

|                        |                                       |                       |          |                        |                       |                |
|------------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------|------------------------|-----------------------|----------------|
| A tantárgy neve:       | <b>Kondenzált anyagok 2 gyakorlat</b> |                       |          | Kódja:                 | <b>TTFBG0109</b>      |                |
| Kötelező előtanulmány: | (p) Kondenzált anyagok 2 előadás      |                       |          | Kódja:                 | (p) TTFBE0109         |                |
| Típus                  | Heti óraszámok                        |                       |          | Követelmény            | Kredit                | Oktatás nyelve |
|                        | Előadás                               | Gyakorlat             | Labor    |                        |                       |                |
| Nappali                | <b>0</b>                              | <b>2</b>              | <b>0</b> | <b>gyakorlati jegy</b> | <b>3</b>              | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató | neve:                                 | <b>Erdélyi Zoltán</b> |          | beosztása              | <b>egyetemi tanár</b> |                |

|  |
|--|
| <p><b>A kurzus célja,</b> hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• korábbi mechanikai, hőtani kondenzált anyagok tanulmányaikban szerzett ismeretekre alapozva bővítsék ismereteiket kondenzált anyagok fizikája területén;</li> <li>• megismerjék és képesek legyenek használni a kétalkotós fázisdiagramokat;</li> <li>• megismerjék a rácsrezgések, a fononok elméletének alapjait, melyet felhasználva képesek legyenek a kristályos szilárdtestek néhány tulajdonságának (fajhő, hővezetés) leírására;</li> <li>• megismerjék a fémek szabad-elektron modelljét, melyet felhasználva megértsék a fémek elektromos vezetőképességének és fajhőjének mikroszkopikus hátterét;</li> <li>• megismerjék a szilárdtestek sávméleteinek alapjait, az alapvető félvezető eszközöket, az anyagok alapvető optikai tulajdonságait</li> </ul> |
|--|

|  |
|--|
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>Fázisdiagramok: oldékonysági határ, fázisok, mikroszerkezet, fázisegyensúly, egy- és izomorf kétkomponensű fázisdiagramok, eutektikus ötvözetek, fázisszabály, köztes fázisok, vegyületfázisok. Rácsrezgések: rugalmas hullámok kontinuumban, rezgési módok, kontinuum állapotsűrűsége, fajhő (Einstein modell, Debye modell); a fonon; hullámmozgás azonos atomokból álló láncon, egydimenziós kristály kétféle atomból, hővezetés; röntgen-, neutron sugárzás és látható fény rugalmatlan szórása rácson. Fémek szabad-elektron modellje: a fajlagos elektromos vezetőképesség és az Ohm-törvény; az elektromos ellenállás hőmérsékletfüggése, a vezetési elektronok fajhője; Fermi felület; hővezetés fémekben; Hall effektus; a szabad-elektron modell határai. Szilárdtestek sávmélete: hullámfüggvények periodikus rácspan, Bloch-tétel, Brillouin-zónák; tiltott sáv eredete; Kronig-Penney modell; Félvezetők: intrinszik félvezetők, lyukak, saját vezetőképesség; extrinszik félvezetők, adalékolás; félvezető eszközök, dióda, tranzisztor. Dielektrikumok: ferro- és piezoelektromos anyagok. Optikai tulajdonságok: fémek optikai tulajdonságai, nem fémek anyagok optikai tulajdonságai, törés visszaverődés, reflexióképesség, abszorpció, transzmisszió, szín, szigetelők átlátszósága és áttetszősége, lumineszcencia, fényvezetés; optikai eszközök, fotodióda, napelem, optikai szál.</p> |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b></p> <p>Charles Kittel: Bevezetés a szilárd test fizikába, Műszaki könyvkiadó, Budapest</p>   |

A.G. Guy: Fémfizika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978

Ajánlott szakirodalom:

William D. Callister, Jr. David G. Rethwisch Materials Science and Engineering, An Introduction, Wiley

M.A. Omar: Elementary Solid State Physics, Principles and Applications

|   |                |  |                    |                                 |           |   |
|---|----------------|--|--------------------|---------------------------------|-----------|---|
| A tantárgy neve:  |                | <b>Kvantummechanika 1.</b>   |                    |                                 | Kódja:    | <b>TTFBE0110</b>                        |
| Kötelező előtanulmány:  |                | Mechanika II<br>Atom- és kvantumfizika<br>(k) Kvantummechanika 1 gyakorlat |                    |                                 | Kódja:    | TTFBE0104<br>TTFBE0107<br>(k) TTFBG0110 |
| Típus   | Heti óraszámok |  |                    | Követelmény                     | Kredit    | Oktatás nyelve                          |
|   | Előadás        | Gyakorlat  | Labor              |                                 |           |   |
| Nappali   | <b>3</b>       | <b>0</b>   | <b>0</b>           | <b>aláírás +<br/>kollokvium</b> | <b>5</b>  | <b>magyar</b>                           |
| Tantárgyfelelős oktató  |                | neve:  | <b>Nagy Sándor</b> |                                 | beosztása | <b>egyetemi docens</b>                  |
| <p><b>A kurzus célja,</b> hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>felismerjék, hogy vannak olyan jelenségek a természetben, melyek nem érthetők meg a klasszikus fizika keretein belül;</li> <li>megismerjék a kvantummechanikához szükséges alapfogalmakat, és azokat tudja használni egyszerűbb problémák esetén;</li> <li>a kvantummechanika keretien belül analitikusan megoldható modelleket ismerje;</li> <li>tisztában legyen a kvantummechanika alkalmazhatóságának határaival.</li> </ul> <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>Kísérleti előzmények, a Stern-Gerlach kísérlet. Ket tér, bra tér, operátorok. Bázisvektorok, a mátrixreprezentáció. A fizikai mennyiségek, mint operátorok és azok sajátértékei. Mérés, valószínűségi értelmezés, határozatlansági összefüggés. Folytonos spektrumú operátorok, hely, impulzus (eltolás). Hullámfüggvény. Az időbeli fejlődés, Schrödinger-egyenlet, az energia sajátállapotok. Schrödinger kép, Heisenberg kép. A Heisenberg-féle mozgásegyenlet, a szabad részecske, Ehrenfest tétel. A harmonikus oszcillátor, harmonikus oszcillátor időfejlődése. Hullámmechanika, a kontinuitási egyenlet. Véges és infinitezimális forgatás a kvantummechanikában. A forgatás 1/2 spinű rendszerekben. Euler forgatás. Sűrűségoperátor, sokaságátlag, tiszta és kevert sokaságok, sokaságok időfejlődése. Impulzuszórási operátor, sajátértékek, sajátállapotok. Pályaimpulzuszórási momentum, gömbfüggvények. Hidrogénatom. Összefonott állapotok, EPR paradoxon, Bell egyenlőtlenség. Folytonos és diszkrét szimmetriák. Azonos részecskék, Pauli-elv. Periódusos rendszer.</p> <p><b>Kötelező olvasmány:</b></p> <p>Nagy Sándor: Bevezetés a kvantummechanikába (elektronikus jegyzet)</p> <p>Ajánlott szakirodalom:</p> <p>J. J. Sakurai, Modern Quantum Mechanics (Addison-Wesley, 2011)</p> |                |  |                    |                                 |           |   |

|   |                |                                      |                    |                                      |           |                        |
|---|----------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|-----------|------------------------|
| A tantárgy neve:  |                | <b>Kvantummechanika 1. gyakorlat</b> |                    |                                      | Kódja:    | <b>TTFBG0110</b>       |
| Kötelező előtanulmány:  |                | (p) Kvantummechanika 1 előadás       |                    |                                      | Kódja:    | (p) TTFBE0110          |
| Típus   | Heti óraszámok |                                      |                    | Követelmény                          | Kredit    | Oktatás nyelve         |
|   | Előadás        | Gyakorlat                            | Labor              |                                      |           |                        |
| Nappali   | <b>0</b>       | <b>2</b>                             | <b>0</b>           | <b>aláírás +<br/>gyakorlati jegy</b> | <b>5</b>  | <b>magyar</b>          |
| Tantárgyfelelős oktató  |                | neve:                                | <b>Nagy Sándor</b> |                                      | beosztása | <b>egyetemi docens</b> |
| <p><b>A kurzus célja,</b> hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a megismert kvantummechanikai formalizmus elmélyítsék;</li> <li>a kvantummechanika matematikai apparátusa segítségével számolási feladatokat tudjon megoldani;</li> <li>megismerjék a kvantummechanika analitikusan megoldható legfontosabb modelljeit, és a számolási módjait;</li> <li>tisztában legyen a kvantummechanikai formalizmus korlátaival.</li> </ul> |                |                                      |                    |                                      |           |                        |

**A kurzus tartalma, témakörei**

A Hilbert tér tulajdonságainak ismételése. A ket tér, a bra tér és az operátorok ábrázolása, operátorok hatása állapotokon. Határozatlansági reláció számolása. Folytonos spektrumú operátorok tulajdonságai. A Schrödinger-egyenlet megoldása szabad esetben, és egyszerű potenciálok esetén. A Heisenberg-féle mozgásegyenlet használata szabad mozgásra és helyfüggő potenciálokra. Számolási feladatok a kvantummechanikai harmonikus oszcillátorral kapcsolatban, sajátértékek, sajátfüggvények, kiválasztási szabályok. A kontinuitási egyenlet alkalmazása. Példák véges és infinitezimális forgatásra a kvantummechanikában. Számolási feladatok 1/2 spinű rendszerekben lévő forgatásokra. Példák tiszta és kevert sokaságokra. Impulzusmomentum operátor tulajdonságai. Számolási feladatok a pályaimpulzusmomentummal és a gömbfüggvényekkel. Feladatok a hidrogénatommal kapcsolatban, kiválasztási szabályok. Operátorok hatása összetett és összefont állapotokra. Feladatok a folytonos és a diszkrét szimmetriák köréből.

**Kötelező olvasmány:**

Nagy Sándor: Bevezetés a kvantummechanikába (elektronikus jegyzet)

Ajánlott szakirodalom:

J. J. Sakurai, Modern Quantum Mechanics (Addison-Wesley, 2011)

|                        |                |                        |                    |                             |                  |                        |
|------------------------|----------------|------------------------|--------------------|-----------------------------|------------------|------------------------|
| A tantárgy neve:       |                | <b>Atommagfizika</b>   |                    | Kódja:                      | <b>TTFBE0112</b> |                        |
| Kötelező előtanulmány: |                | Atom- és kvantumfizika |                    | Kódja:                      | TTFBE0107        |                        |
| Típus                  | Heti óraszámok |                        |                    | Követelmény                 | Kredit           | Oktatás nyelve         |
|                        | Előadás        | Gyakorlat              | Labor              |                             |                  |                        |
| Nappali                | <b>2</b>       | <b>1</b>               | <b>0</b>           | <b>aláírás + kollokvium</b> | <b>4</b>         | <b>magyar</b>          |
| Tantárgyfelelős oktató |                | neve:                  | <b>Darai Judit</b> |                             | beosztása        | <b>egyetemi docens</b> |

**A kurzus célja, hogy a hallgatók**

korábbi kvantumfizikai ismereteik alapján megismerjék és fel tudják sorolni az atommagok jellemzőit; megismerjék és képesek legyenek felsorolni, elemezni azokat a kísérleteket és felhalmozott megfigyeléseket, észleléseket, amelyek a magfizikai modellek kialakulásához vezettek; megismerjék és alkalmazni tudják az atommagok folyamatait jellemző megmaradási törvényeket; megismerjék, megértsék és leírják azokat a jelenségeket és alkalmazásokat, amelyek a magfizika modellek segítségével értelmezhetők; megismerkedjenek az atommagfizika kísérleti technikájával és annak gyakorlati alkalmazásával.

**A kurzus tartalma, témakörei**

A radioaktivitás felfedezése. Az alfa-bomlás jellemzői, a Geiger-Nuttal-szabály, a spektrum finomszerkezete. Értelmezés az alagúteffektus segítségével. A paritás fogalma és sérülése, az univerzális gyenge kölcsönhatás. A mag elektromágneses átmenetei. Átmeneti valószínűségek, izomer állapotok, belső konverzió, Mössbauer-effektus. Az atommag alapvető tulajdonságai. Méret, töltés, tömeg és kötési energia, elektromágneses multipólus momentumok. Magreakciók, hatáskeresztmetszet, megmaradási törvények. A közbenső mag modell. Direkt reakciók, az optikai modell. Maghasadás, neutronok lassulása és diffúziója, láncreakció, hasadási reaktorok. Termonukleáris reakciók, fúziós berendezések. Az atommag gerjesztett állapotai, egyrészecskes és kollektív gerjesztések, óriás multipólus rezonanciák. Magszerkezeti modellek: folyadékcsepp-, héj-, Fermi-gáz modell. Magerők, fenomenológiai közelítés, a deuteron. A mezonok szerepe a magerők értelmezésében. Alacsony és nagyenergiás szórás kísérletek eredményei.

**Kötelező olvasmány:**

Muhin K.N.: Kísérleti magfizika, Tankönyvkiadó, Bp. 1985.

Raics P., Sükösd Cs.: Atommag- és részecskefizika. Könyvrészlet "A fizika alapjai" c. tankönyvben, VI. rész, 635-714 o. (Szerk: Erostyák J., Litz J. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2003)

**Ajánlott szakirodalom:**

Fényes Tibor: Atommagfizika, Debreceni Egyetem, Kossuth Egyetemi Kiadó, 2005

Angeli István: Kísérleti magfizika BSc, 2014,

[http://falcon.phys.klte.hu/kisfiz/Angeli/magfizika/BSc\\_0\\_Magfizika\\_2014.pdf](http://falcon.phys.klte.hu/kisfiz/Angeli/magfizika/BSc_0_Magfizika_2014.pdf)

|  |                |  |                   |                                 |           |   |
|--|----------------|--|-------------------|---------------------------------|-----------|---|
| A tantárgy neve:   |                | <b>Statisztikus fizika</b>                                 |                   |                                 | Kódja:    | <b>TTFBE0216</b>                        |
| Kötelező előtanulmány:   |                | Hőtan<br>Mechanika II<br>(k) Statisztikus fizika gyakorlat |                   |                                 | Kódja:    | TTFBE0102<br>TTFBE0104<br>(k) TTFBG0111 |
| Típus  | Heti óraszámok |  |                   | Követelmény                     | Kredit    | Oktatás nyelve                          |
|  | Előadás        | Gyakorlat  | Labor             |                                 |           |   |
| Nappali  | <b>3</b>       | <b>0</b>   | <b>0</b>          | <b>aláírás +<br/>kollokvium</b> | <b>5</b>  | <b>magyar</b>                           |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:  | <b>Kun Ferenc</b> |                                 | beosztása | <b>egyetemi tanár</b>                   |
| <p><b>A kurzus célja, hogy a hallgatók</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>megismerjék a statisztikus leírás módszertanát, a statisztikus fizika legfontosabb összefüggéseit, a statisztikus fizika és a termodinamika kapcsolatát;</li> <li>megismerjék és egyszerű rendszerek elméleti vizsgálatára alkalmazni tudják a statisztikus fizika törvényszerűségeit;</li> <li>megismerjék, megértsék és leírják azokat a jelenségeket és alkalmazásokat, amelyek a statisztikus fizika segítségével értelmezhetők;</li> <li>gyakorlatot szerezzenek statisztikus fizikai számítások kivitelezésében.</li> </ol>  |                |  |                   |                                 |           |   |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>A statisztikus fizika célja, a statisztikus leírás fontossága. A valószínűség számítás legfontosabb alapfogalmai és összefüggései.</p> <p>Mikro- és makroállapot. Sokrészecske rendszer klasszikus mechanikai leírása: fázispont, fázistér, trajektória. Hamilton-i dinamika. Kanonikus transzformációk. Fázistérfogat-elem, fázissűrűség, Liouville tétele.</p> <p>Az információ mérése és tulajdonságai, a hiányzó információ. Az előítéletmentes becslés. A Shannon-féle információs entrópia, az entrópia maximum elve. A klasszikus mechanikai rendszer entrópiája. A statisztikus fizika alapfeltevései. A makroszkopikus folyamatok iránya.</p> <p>Több változós függvények differenciálása. Kényszerek, feltételes szélsőérték számítás két- és többváltozós függvényekkel, Lagrange-multiplikátorok és fizikai jelentésük. A Legendre-transzformáció.</p> <p>Statisztikus egyensúly, egyensúlyi sokaságok. Az egyensúly feltétele, zárt rendszer egyensúlya. Statisztikus átlagok, sokaság átlag és időátlag, az ergodicitási hipotézis. Az állapotsűrűség és tulajdonságai. Klasszikus- és kvantummechanikai rendszerek állapotsűrűsége.</p> <p>Mikrokanonikus sokaság, fázissűrűség, állapotösszeg és entrópia. Extenzív és intenzív mennyiségek, termodinamikai összefüggések. A kanonikus sokaság. A kanonikus fázissűrűség, belső energia és entrópia. A kanonikus hőmérséklet. A szabadenergia és kapcsolata a belső energiával. Az energia eloszlása, ingadozása és függése a rendszermérettől. A hőmérséklet kiegyenlítődése, termikus egyensúly. A mikrokanonikus és a kanonikus sokaság ekvivalenciája. Termodinamikai mennyiségek. A makrokanonikus sokaság. A makrokanonikus fázissűrűség és állapotösszeg. A részecskeszám eloszlása, ingadozása és függése a rendszermérettől. Kémiai potenciál. Egyensúly, a hőmérséklet és a kémiai potenciál kiegyenlítődése. T-p sokaság.</p> <p>Termodinamikai potenciálok. Entrópiából és energiából származtatható termodinamikai potenciálok. Kvázisztatikus folyamatok, nyomás, munka, hőközlés, a termodinamika első főtétele. A termodinamika második és harmadik főtétele.</p> <p>A klasszikus ideális gáz kanonikus sokasága, állapotösszeg, állapotegyenlet. A részecskék sebesség-nagyságának és energiájának eloszlása, a Maxwell-Boltzmann eloszlás. Ideális gáz kvantummechanikai tárgyalása, a klasszikus és kvantummechanikai leírás kapcsolata. Ideális kvantumgázok, betöltési szám reprezentáció. Kvantumstatisztikák, bozonok és fermionok. Elfajult Fermi-gáz. Elfajult Bose-gáz, Bose-Einstein kondenzáció. A Bose-kondenzátum tulajdonságai. Szilárdtestek fajhője. Elfajult szabadelektron gáz. A kvantumstatisztikák klasszikus határeset.</p> |                |  |                   |                                 |           |   |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b></p> <p>Nagy Károly, <i>Termodinamika és statisztikus mechanika</i> (Tankönyvkiadó, Budapest).</p> <p>Sailer Kornél, <i>Statisztikus fizika I.</i> (egyetemi jegyzet, Debreceni Egyetem).</p> <p><b>Ajánlott szakirodalom:</b></p> <p>R. Kubo, <i>Statisztikus mechanika példákkal és feladatokkal</i> (Műszaki könyvkiadó)</p> <p>L.E. Reichl, <i>A modern course in statistical physics</i> (Wiley, New York, 2010).</p> <p>K. Huang, <i>Statistical Mechanics</i> (Wiley, New York, 1998).</p>   |                |  |                   |                                 |           |   |

|   |                |  |                   |                                      |           |   |
|---|----------------|--|-------------------|--------------------------------------|-----------|---|
| A tantárgy neve:  |                | <b>Statisztikus fizika</b>   |                   |                                      | Kódja:    | <b>TTFBG0216</b>                        |
| Kötelező előtanulmány:  |                | (p) Statisztikus fizika előadás<br>Valószínűségszámítás és statisztika<br>Többváltozós függvények differenciál- és integrálszámítása |                   |                                      | Kódja:    | (p) TTFBE0111<br>TTMBE0818<br>TTMBE0814 |
| Típus   | Heti óraszámok |  |                   | Követelmény                          | Kredit    | Oktatás nyelve                          |
|   | Előadás        | Gyakorlat  | Labor             |                                      |           |   |
| Nappali   | <b>0</b>       | <b>2</b>   | <b>0</b>          | <b>aláírás +<br/>gyakorlati jegy</b> | <b>3</b>  | <b>magyar</b>                           |
| Tantárgyfelelős oktató  |                | neve:  | <b>Kun Ferenc</b> |                                      | beosztása | <b>egyetemi tanár</b>                   |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. elmélyítsék ismereteiket a statisztikus fizika összefüggéseiről és a termodinamika statisztikus fizikai megalapozásáról;</li> <li>2. elsajátítsák a statisztikus fizika matematikai módszereit, megismerjék a valószínűség számítás és többváltozós függvények analízisének a statisztikus fizikában használt eszközeit;</li> <li>3. egyszerű rendszerek elméleti vizsgálatára alkalmazni tudják a statisztikus fizika törvényszerűségeit;</li> <li>4. a tantermi foglalkozásokon és jelentős otthoni munkával gyakorlatot szerezzenek statisztikus fizikai számítások kivitelezésében, az eredmények értelmezésében és ellenőrzésében.</li> </ol>   |                |  |                   |                                      |           |   |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>A statisztikus fizika célja, a statisztikus leírás fontossága. A valószínűség számítás legfontosabb alapfogalmai és összefüggései.</p> <p>Mikro- és makroállapot. Sokrészecske rendszer klasszikus mechanikai leírása: fázispont, fázistér, trajektória. Hamilton-i dinamika. Kanonikus transzformációk. Fázistérfogat-elem, fázissűrűség, Liouville tétele.</p> <p>Az információ mérése és tulajdonságai, a hiányzó információ. Az előítéletmentes becslés. A Shannon-féle információs entrópia, az entrópia maximum elve. A klasszikus mechanikai rendszer entrópiája. A statisztikus fizika alapfeltevései. A makroszkopikus folyamatok iránya.</p> <p>Több változós függvények differenciálása. Kényszerek, feltételes szélsőérték számítás két- és többváltozós függvényekkel, Lagrange-multiplikátorok és fizikai jelentésük. A Legendre-transzformáció.</p> <p>Statisztikus egyensúly, egyensúlyi sokaságok. Az egyensúly feltétele, zárt rendszer egyensúlya. Statisztikus átlagok, sokaság átlag és időátlag, az ergodicitási hipotézis. Az állapotsűrűség és tulajdonságai. Klasszikus- és kvantummechanikai rendszerek állapotsűrűsége.</p> <p>Mikrokanonikus sokaság, fázissűrűség, állapotösszeg és entrópia. Extenzív és intenzív mennyiségek, termodinamikai összefüggések. A kanonikus sokaság. A kanonikus fázissűrűség, belső energia és entrópia. A kanonikus hőmérséklet. A szabadenergia és kapcsolata a belső energiával. Az energia eloszlása, ingadozása és függése a rendszermérettől. A hőmérséklet kiegyenlítődése, termikus egyensúly. A mikrokanonikus és a kanonikus sokaság ekvivalenciája. Termodinamikai mennyiségek. A makrokanonikus sokaság. A makrokanonikus fázissűrűség és állapotösszeg. A részecskeszám eloszlása, ingadozása és függése a rendszermérettől. Kémiai potenciál. Egyensúly, a hőmérséklet és a kémiai potenciál kiegyenlítődése. T-p sokaság.</p> <p>Termodinamikai potenciálok. Entrópiából és energiából származtatható termodinamikai potenciálok. Kvázisztatikus folyamatok, nyomás, munka, hőközlés, a termodinamika első főtétele. A termodinamika második és harmadik főtétele.</p> <p>A klasszikus ideális gáz kanonikus sokasága, állapotösszeg, állapotegyenlet. A részecskék sebesség-nagyságának és energiájának eloszlása, a Maxwell-Boltzmann eloszlás. Ideális gáz kvantummechanikai tárgyalása, a klasszikus és kvantummechanikai leírás kapcsolata. Ideális kvantumgázok, betöltési szám reprezentáció. Kvantumstatisztikák, bozonok és fermionok. Elfajult Fermi-gáz. Elfajult Bose-gáz, Bose-Einstein kondenzáció. A Bose-kondenzátum tulajdonságai. Szilárdtestek fajhője. Elfajult szabadelektron gáz. A kvantumstatisztikák klasszikus határesetete.</p> |                |  |                   |                                      |           |   |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b></p> <p>R. Kubo, <i>Statisztikus mechanika példákkal és feladatokkal</i> (Műszaki könyvkiadó, Budapest).</p> <p><i>Elméleti Fizikai Példatár 3. kötet</i> (Tankönyvkiadó, Budapest).</p>   |                |  |                   |                                      |           |   |
| <p><b>Ajánlott szakirodalom:</b></p>  |                |  |                   |                                      |           |   |

L.E. Reichl, *A modern course in statistical physics* (Wiley, New York, 2010).

|   |                |                                |                       |                             |           |                        |
|---|----------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------|------------------------|
| A tantárgy neve:  |                | <b>Alapvető kölcsönhatások</b> |                       |                             | Kódja:    | <b>TTFBE0121</b>       |
| Kötelező előtanulmány:  |                | Kvantummechanika 1             |                       |                             | Kódja:    | TTFBE0110              |
| Típus   | Heti óraszámok |                                |                       | Követelmény                 | Kredit    | Oktatás nyelve         |
|   | Előadás        | Gyakorlat                      | Labor                 |                             |           |                        |
| Nappali   | <b>2</b>       | <b>1</b>                       | <b>0</b>              | <b>aláírás + kollokvium</b> | <b>4</b>  | <b>magyar</b>          |
| Tantárgyfelelős oktató  |                | neve:                          | <b>Nándori István</b> |                             | beosztása | <b>egyetemi docens</b> |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <p>korábbi kvantumfizikai ismereteik alapján megismerkedjék és fel tudják sorolni a részecskék jellemzőit és a közöttük fellépő alapvető kölcsönhatásokat;</p> <p>megismerjék és alkalmazni tudják a részecskék folyamatait jellemző megmaradási törvényeket;</p> <p>megértsék a szimmetriák alapvető szerepét és következményeit a mikrofizikában;</p> <p>megértsék a kozmológiai standard modell alapfeltevéseit és kísérleti alapjait;</p> <p>megismerjék a részecskefizika korszerű alaptankönyveit.</p>   |                |                                |                       |                             |           |                        |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>Alapvető kölcsönhatások és közvetítő részecskék. Elemi és összetett részecskék és jellemzőik (élettartam, tömeg, töltés, spin, paritás). Megmaradási törvények: elektromos töltés, leptonszám, barionszám, ritkaság, perdület, energia és lendületmegmaradás négyesvektor formalizmusban. A klasszikus térelmélet bevezetése lineáris láncmodellből. Klasszikus térelmélet Lagrange-formalizmusban. Szimmetriák megfogalmazása a térelméletben, a Noether-tétel. A belső szimmetriák és a kölcsönhatások kapcsolata. A sztatikus kvarkmodell és az elemi részecskék standard modellje. Égitestek fényességének, távolságának és sebességének mérése a Világegyetemben. A kozmológiai standard modell (Ősrobbanás elmélete), a hozzá vezető alapfeltevések (kozmológiai elv, Friedmann-egyenletek és megoldásaik) és azt megerősítő kísérleti tapasztalatok (Hubble-tágulás, kozmikus háttérsugárzás, barionos akusztikus oszcilláció, könnyű elemek atommagszintézise, SN1a szupernóvák). Inflációs kozmológia.</p> |                |                                |                       |                             |           |                        |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b></p> <p>Nándori István, Trócsányi Zoltán: Alapvető kölcsönhatások, elektronikus jegyzet</p> <p>Ajánlott szakirodalom:</p> <p>Litz József (szerk): Fizika III, Nemzeti Tankönyvkiadó 2007</p> <p>Fényes Tibor: Részecskék és kölcsönhatásaik, Debreceni Egyetem, Kossuth Egyetemi Kiadó, 2007</p> <p>Leon Lederman: Az isteni a-tom avagy Mi a kérdés, ha a válasz a Világegyetem?, Typotex, Budapest.</p> <p>Horváth Dezső, Trócsányi Zoltán: Bevezetés az elemi részek fizikájába, 1-15. fejezet, Typotex, Budapest, 2017.</p>  |                |                                |                       |                             |           |                        |

|   |                |  |                     |                                  |           |   |
|---|----------------|--|---------------------|----------------------------------|-----------|---|
| A tantárgy neve:  |                | <b>Mechanika, hőtan és optika mérések 1.</b>         |                     |                                  | Kódja:    | <b>TTFBL0114</b>                        |
| Kötelező előtanulmány:  |                | Mechanika I<br>Fizikai mérések alapjai<br>(p) Optika |                     |                                  | Kódja:    | TTFBE0101<br>TTFBL0118<br>(p) TTFBE0103 |
| Típus   | Heti óraszámok |  |                     | Követelmény                      | Kredit    | Oktatás nyelve                          |
|   | Előadás        | Gyakorlat  | Labor               |                                  |           |   |
| Nappali   | <b>0</b>       | <b>0</b>   | <b>2</b>            | <b>aláírás + gyakorlati jegy</b> | <b>2</b>  | <b>magyar</b>                           |
| Tantárgyfelelős oktató  |                | neve:  | <b>Katona Gábor</b> |                                  | beosztása | <b>egyetemi adjunktus</b>               |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <p>gyakorlatot szerezzenek laboratóriumi mérések elvégzésében és kiértékelésében</p> <p>mérések során alkalmazzák a más tárgyakon (mechanika, hőtan, optika) tanultakat</p> <p>új ismeretekre tegyenek szert bizonyos témakörökben</p> |                |  |                     |                                  |           |   |

|   |
|---|
| <b>A kurzus tartalma, témakörei</b><br>Laboratóriumi mérések elvégzése a mechanika, hőtan és optika területén   |
| <b>Kötelező szakirodalom:</b><br>A mérésekhez kiadott segédanyag<br>Ajánlott szakirodalom:<br>Demény András – Erostyák János – Szabó Gábor – Trócsányi Zoltán: Fizika I Klasszikus mechanika<br>Litz József: Fizika II. Termodinamika és molekuláris fizika, elektromosság és mágnesség<br>Erostyák János – Kürti Jenő – Raics Péter – Sükösd Csaba: Fizika III. Fénytan, relativitáselmélet, atomhéjfizika, atommagfizika, részecskefizika |

|                        |   |                     |          |                                      |                                     |                |
|------------------------|---|---------------------|----------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| A tantárgy neve:       | <b>Mechanika, hőtan és optika mérések 2.</b>            |                     |          | Kódja:                               | <b>TTFBL0115</b>                    |                |
| Kötelező előtanulmány: | Mechanika, hőtan és optika mérések 1<br>Hőtan<br>Optika |                     |          | Kódja:                               | TTFBL0114<br>TTFBE0102<br>TTFBE0103 |                |
| Típus                  | Heti óraszámok  |                     |          | Követelmény                          | Kredit                              | Oktatás nyelve |
|                        | Előadás   | Gyakorlat           | Labor    |                                      |                                     |                |
| Nappali                | <b>0</b>  | <b>0</b>            | <b>2</b> | <b>aláírás +<br/>gyakorlati jegy</b> | <b>2</b>                            | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató | neve:   | <b>Katona Gábor</b> |          | beosztása                            | <b>egyetemi adjunktus</b>           |                |

|   |
|---|
| <b>A kurzus célja</b> , hogy a hallgatók<br>gyakorlatot szerezzenek laboratóriumi mérések elvégzésében és kiértékelésében<br>mérések során alkalmazzák a más tárgyakon (mechanika, hőtan, optika) tanultakat<br>új ismeretekre tegyenek szert bizonyos témakörökben |
|---|

|   |
|---|
| <b>A kurzus tartalma, témakörei</b><br>Laboratóriumi mérések elvégzése a mechanika, hőtan és optika területén   |
| <b>Kötelező szakirodalom:</b><br>A mérésekhez kiadott segédanyag<br>Ajánlott szakirodalom:<br>Demény András – Erostyák János – Szabó Gábor – Trócsányi Zoltán: Fizika I Klasszikus mechanika<br>Litz József: Fizika II. Termodinamika és molekuláris fizika, elektromosság és mágnesség<br>Erostyák János – Kürti Jenő – Raics Péter – Sükösd Csaba: Fizika III. Fénytan, relativitáselmélet, atomhéjfizika, atommagfizika, részecskefizika |

|                        |   |                       |          |                   |                        |                |
|------------------------|---|-----------------------|----------|-------------------|------------------------|----------------|
| A tantárgy neve:       | <b>Kondenzált anyagok laboratóriumi mérések 1</b> |                       |          | Kódja:            | <b>TTFBL0116</b>       |                |
| Kötelező előtanulmány: | Kondenzált anyagok 1                              |                       |          | Kódja:            | TTFBE0106              |                |
| Típus                  | Heti óraszámok                                    |                       |          | Követelmény       | Kredit                 | Oktatás nyelve |
|                        | Előadás   | Gyakorlat             | Labor    |                   |                        |                |
| Nappali                | <b>0</b>  | <b>0</b>              | <b>1</b> | <b>kollokvium</b> | <b>2</b>               | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató | neve:   | <b>Cserhádi Csaba</b> |          | beosztása         | <b>egyetemi docens</b> |                |

|   |
|---|
| <b>kurzus célja</b> , hogy a hallgatók<br>a kondenzált anyagok témaköréből vett 4 db 4 órás mérési gyakorlatok segítségével a tárgyra vonatkozó ismeretek bővítése. |
|---|

**A kurzus tartalma, témakörei**

A kurzus során az alábbi nyolc mérésből négyet kell választania a hallgatónak: Mágneszettség hőmérsékletfüggésének vizsgálata, koercitív erő és hiszterézis mérése. Keménység és szakítószilárdság mérése. A differenciális termoanalízis alapjai. Elektromos ellenállás hőmérsékletfüggésének vizsgálata. Diffúzió mérése folyadékfázisban. Barkhausen-zaj mérése.

**Kötelező olvasmány:**

A méréshez az Intézetben készített, 10-20 oldalas mérési utasítás tartozik.

|                        |                |   |                      |                                      |           |                            |
|------------------------|----------------|---|----------------------|--------------------------------------|-----------|----------------------------|
| A tantárgy neve:       |                | <b>Atom- és magfizikai mérések 1</b>      |                      |                                      | Kódja:    | <b>TTFBL0117</b>           |
| Kötelező előtanulmány: |                | Kondenzált anyagok 1<br>(p) Atommagfizika |                      |                                      | Kódja:    | TTFBE0106<br>(p) TTFBE0112 |
| Típus                  | Heti óraszámok |   |                      | Követelmény                          | Kredit    | Oktatás nyelve             |
|                        | Előadás        | Gyakorlat                                 | Labor                |                                      |           |                            |
| Nappali                | 0              | 0   | 2                    | <b>aláírás +<br/>gyakorlati jegy</b> | 2         | <b>magyar</b>              |
| Tantárgyfelelős oktató |                | neve:                                     | <b>Ujvári Balázs</b> |                                      | beosztása | <b>egyetemi adjunktus</b>  |

**A kurzus célja, hogy a hallgatók**

korábbi kondenzált anyagok, atom-és kvantummechanikai tanulmányaikban szerzett ismeretekre alapozva bővítsék ismereteiket az alapvető és származtatott fizikai mennyiségekről; kísérleti módszerekről; megismerjék és képesek legyenek alkalmazni különböző magfizikai mérési módszereket, valamint mérési-eredmény kiértékelési módszereket sajátítsanak el;  
a kísérletező készség fejlesztése az atomfizika fontosabb törvényeinek kísérleti igazolása, a mérési adatok kiértékelésének fejlettebb szinten való alkalmazása  
mindezek a hallgató további természet – és alkalmazott tudományi ismereteit, illetve azok konkrét ipari alkalmazásait alapozza meg.

**A kurzus tartalma, témakörei**

Atomok és molekulák színképe. Optikai szűrők spektruma. Fényfelbontó egységek működése. A  $h/e$  arányosság. A Stefan-Boltzmann törvény. Wien-féle eltolódási törvény.

Magfizikai mérőműszerek használata, gáztöltésű és szcintillációs detektorok. Magfizikai bomlások tulajdonsága, felezési idők, alfa, béta és gamma részecskék keletkezési folyamata, energiája.

**Kötelező olvasmány:**

1. Szabó J., Raics P. : Atomfizikai és optikai laboratóriumi gyakorlatok, KLTE, 1986 (házi jegyzet)
2. Csarnovics István, Raics Péter, Süttő Henrietta, Atomfizikai és optikai laboratóriumi gyakorlatok, DE, 2016 (házi jegyzet).
3. <http://falcon.phys.klte.hu/kisfiz/Varadi/MagfizikaI/M3.pdf>
4. <http://falcon.phys.klte.hu/kisfiz/Varadi/MagfizikaI/M5.pdf> és <http://falcon.phys.klte.hu/kisfiz/Varadi/MagfizikaI/M6.pdf>

## Ajánlott szakirodalom:

1. Erostyák J., Litz J.(szerk.): A fizika alapjai, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2003
2. Csikainé Buczkó Margit: Radioaktivitás és atommagfizika, Nemzeti Tankönyvkiadó, 1993

**Speciális szakmai ismeretek**

|   |                |   |                          |                   |           |                            |
|---|----------------|---|--------------------------|-------------------|-----------|----------------------------|
| A tantárgy neve:  |                | <b>A mikroelektronika anyagai és technológiái</b>                                   |                          |                   | Kódja:    | <b>TTFBE0201</b>           |
| Kötelező előtanulmány:  |                | Kondenzált anyagok<br>(k) A mikroelektronika anyagai és technológiái laborgyakorlat |                          |                   | Kódja:    | TTFBE0106<br>(k) TTFBL0201 |
| Típus   | Heti óraszámok |   |                          | Követelmény       | Kredit    | Oktatás nyelve             |
|   | Előadás        | Gyakorlat   | Labor                    |                   |           |                            |
| Nappali   | <b>2</b>       | <b>0</b>  | <b>0</b>                 | <b>kollokvium</b> | <b>3</b>  | <b>magyar</b>              |
| Tantárgyfelelős oktató  |                | neve:   | <b>Csarnovics István</b> |                   | beosztása | <b>egyetemi adjunktus</b>  |
| <p><b>A kurzus célja, hogy a hallgatók</b></p> <p>korábbi mechanika, elektromosságtan, optika és kondenzált anyagok tanulmányaikban szerzett ismeretekre alapozva bővítsék ismereteiket az alapvető és származtatott fizikai mennyiségekről; anyagok tulajdonságairól és előállítási technológiáikról;</p> <p>megismerjék és képesek legyenek felsorolni, elemezni azokat az anyagokat, amelyeket széles körben használnak a mikroelektronikában;</p> <p>az anyagtudomány alapfogalmain és törvényein keresztül megértsék az elektronikai elemek működését, azok előállítási technológiáit;</p> <p>gyakorlatban ismerjék meg a mikroelektronikai elemek előállításának különböző technológiáit;</p> <p>önálló munka révén gyakorlatot szerezzenek a megismert technológiák különböző lépéseiben;</p> <p>mindezek a hallgató további természet – és alkalmazott tudományi ismereteit, illetve azok konkrét ipari alkalmazásait alapozza meg.</p>   |                |   |                          |                   |           |                            |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>Az elektronikában alkalmazott anyagok rendszerezése, jellemző tulajdonságai. Fémek, félvezetők, dielektrikumok. Kristályos és amorf anyagok. Sávszerkezet, elektronátmenetek, elektromos vezetés és optikai jelenségek. Kontaktusok, p-n átmenet. Félvezetők főbb típusai és előállítási technológiái: Si, Ge, vegyületfélvezetők, szerves félvezetők, azok fontosabb tulajdonságai. Vákuumtechnológia fogalmi, elemei. Vékonyrétegek, fontosabb technológiai műveletek: párologtatás, porlasztás, CVD, MBE. Vékonyréteg vizsgálati módszerek. Egykristályok technológiája, Si és GaAs technológiája az alapanyagtól a lapkáig. Diffúzió, implantáció, litográfiai műveletek. Szigetelő rétegek, passzív elemek, SiO<sub>2</sub> technológiája. Felületi szerelés, tokozás. Optoelektronikai elemek, optikai és más memóriaelemek. Funkcionális elektronika anyagai és elemei. Megbízhatóság, minőség, a mikroelektronika ipari fejlődése, annak fő irányai. A laboratóriumi munkák során a hallgatók elsajátítják a különböző tömbi anyagok és rétegleválasztás technológiáit, vizsgálati módszereket, felületi szerelés elemeit, furatba szerelés technológiáját, a kézi beültetést és forrasztást, megismerkednek a vákuumtechnológia eszközeivel és a nyomtatott áramkör tervezéssel.</p> |                |   |                          |                   |           |                            |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b></p> <p>1. Mikroelektronika és technológia. Főszerkesztő: Mojzes Imre, Műegyetemi Kiadó, Budapest 2005.</p> <p>2. Ginstler J., Hidasi B., Dévényi L. Alkalmazott anyagtudomány. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2002.</p> <p>3. Mojzes I., Kökényesi S. Fotonikai anyagok és eszközök. Egyetemi tankönyv, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1997.</p> <p>4. Bársony I., Kökényesi S. Funkcionális anyagok és technológiájuk. Debreceni Egyetem, Debrecen, 2003.</p>  |                |   |                          |                   |           |                            |

|  |                |   |                          |                                  |           |                           |
|--|----------------|---|--------------------------|----------------------------------|-----------|---------------------------|
| A tantárgy neve:   |                | <b>A mikroelektronika anyagai és technológiái labor</b> |                          |                                  | Kódja:    | <b>TTFBL0201</b>          |
| Kötelező előtanulmány:   |                | (p) A mikroelektronika anyagai és technológiái előadás  |                          |                                  | Kódja:    | (p) TTFBE0201             |
| Típus  | Heti óraszámok |   |                          | Követelmény                      | Kredit    | Oktatás nyelve            |
|  | Előadás        | Gyakorlat   | Labor                    |                                  |           |                           |
| Nappali  | <b>0</b>       | <b>0</b>  | <b>2</b>                 | <b>aláírás + gyakorlati jegy</b> | <b>2</b>  | <b>magyar</b>             |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:   | <b>Csarnovics István</b> |                                  | beosztása | <b>egyetemi adjunktus</b> |
| <p><b>A kurzus célja, hogy a hallgatók</b></p> <p>korábbi mechanika, elektromosságtan, optika és kondenzált anyagok tanulmányaikban szerzett ismeretekre alapozva bővítsék ismereteiket az alapvető és származtatott fizikai mennyiségekről; anyagok tulajdonságairól és</p> |                |   |                          |                                  |           |                           |

előállítás technológiáikról;  
 megismerjék és képesek legyenek felsorolni, elemezni azokat az anyagokat, amelyeket széles körben használnak a mikroelektronikában;  
 az anyagtudomány alapfogalmain és törvényein keresztül megértsék az elektronikai elemek működését, azok előállítás technológiáit;  
 gyakorlatban ismerjék meg a mikroelektronikai elemek előállításának különböző technológiáit;  
 önálló munka révén gyakorlatot szerezzenek a megismert technológiák különböző lépéseiben;  
 mindezek a hallgató további természet – és alkalmazott tudományi ismereteit, illetve azok konkrét ipari alkalmazásait alapozza meg.

#### A kurzus tartalma, témakörei

Az elektronikában alkalmazott anyagok rendszerezése, jellemző tulajdonságai. Fémek, félvezetők, dielektrikumok. Kristályos és amorf anyagok. Sávszerkezet, elektronátmenetek, elektromos vezetés és optikai jelenségek. Kontaktusok, p-n átmenet. Félvezetők főbb típusai és előállítás technológiái: Si, Ge, vegyületfélvezetők, szerves félvezetők, azok fontosabb tulajdonságai. Vákuumtechnológia fogalmai, elemei. Vékonyrétegek, fontosabb technológiai műveletek: párologtatás, porlasztás, CVD, MBE. Vékonyréteg vizsgálati módszerek. Egykristályok technológiája, Si és GaAs technológiája az alapanyagtól a lapkáig. Diffúzió, implantáció, litográfias műveletek. Szigetelő rétegek, passzív elemek, SiO<sub>2</sub> technológiája. Felületi szerelés, tokozás. Optoelektronikai elemek, optikai és más memóriaelemek. Funkcionális elektronika anyagai és elemei. Megbízhatóság, minőség, a mikroelektronika ipari fejlődése, annak fő irányai. A laboratóriumi munkák során a hallgatók elsajátítják a különböző tömbi anyagok és rétegleválasztás technológiákat, vizsgálati módszereket, felületi szerelés elemeit, furatba szerelés technológiáját, a kézi beültetést és forrasztást, megismerkednek a vákuumtechnológia eszközeivel és a nyomtatott áramkör tervezéssel.

#### Kötelező olvasmány:

1. Mikroelektronika és technológia. Főszerkesztő: Mojzes Imre, Műegyetemi Kiadó, Budapest 2005.
2. Ginstler J., Hidasi B., Dévényi L. Alkalmazott anyagtudomány. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2002.
3. Mojzes I., Kökényesi S. Fotonikai anyagok és eszközök. Egyetemi tankönyv, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1997.
4. Bársony I., Kökényesi S. Funkcionális anyagok és technológiájuk. Debreceni Egyetem, Debrecen, 2003.

#### Ajánlott szakirodalom:

1. Hary S. Nalwa, Nanostructured Materials and Nanotechnology, Elsevier, 2002.
2. S.M.Sze, Semiconductor Devices: Physics and Technology, Wiley and Sons, 2006.

|  |                |  |                   |                |           |                       |
|--|----------------|--|-------------------|----------------|-----------|-----------------------|
| A tantárgy neve:   |                | A számítógépes szimuláció módszerei                    |                   |                | Kódja:    | <b>TTFBE0614</b>      |
| Kötelező előtanulmány:   |                | (k) A számítógépes szimuláció módszerei laborgyakorlat |                   |                | Kódja:    | (k) TTFBL0205         |
| Típus  | Heti óraszámok |  |                   | Követelmény    | Kredit    | Oktatás nyelve        |
|  | Előadás        | Gyakorlat  | Labor             |                |           |                       |
| Nappali  | <b>2</b>       | <b>0</b>   | <b>0</b>          | <b>aláírás</b> | <b>2</b>  | <b>magyar</b>         |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:  | <b>Kun Ferenc</b> |                | beosztása | <b>egyetemi tanár</b> |
| <b>A kurzus célja, hogy a hallgatók</b>  |                |  |                   |                |           |                       |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. megismerjék a modern számítógépes modellezés és szimuláció módszertanát, megértsék a kísérlet, elmélet, és szimuláció viszonyát.</li> <li>2. elsajátítsák a sztochasztikus és determinisztikus fizikai rendszerek számítógépes modelljeinek legfontosabb algoritmusait.</li> <li>3. megismerjék és a gyakorlatban alkalmazzák a szimulációs modellek hatékony számítógépes megvalósításának módszereit.</li> </ol> |                |  |                   |                |           |                       |

### A kurzus tartalma, témakörei

Valóság és modell, a modellezés módszertana. Kísérlet, elmélet, és szimuláció kapcsolata, a számítógépes kísérletezés módszere. A számítógépes szimuláció és a szuperszámítógépek fejlődéstörténete.

Szimulációs módszerek osztályozása, a sztochasztikus, determinisztikus és hibrid módszerek általános jellemzői. Véletlenszám generátorok és tesztelésük. Tetszőleges eloszlású véletlenváltozó előállítás.

A Monte Carlo szimuláció alapjai: dobókocka dobás, radioaktív bomlás, Poisson folyamat szimulációja. Az egyszerű, önelkerülő és emlékező bolyongás. Növekedési folyamatok szimulációja, diffúzió kontrollált aggregációs jelenségek, egy-klaszter és klaszter-klaszter aggregációs folyamatok, DLA és Eden modell. Fraktálstruktúrák numerikus vizsgálatának módszerei. Terjedési jelenségek modelljei. Perkoláció, inváziós perkoláció.

Molekuláris dinamikai szimuláció: a molekuláris dinamikai modell általános felépítése. A mozgásegyenlet numerikus megoldásának módszerei, Euler, Runge-Kutta, Prediktor-Korrektor és a Verlet módszer. Molekuláris dinamikai szimulációs programok optimalizálása, rövid és hosszú hatótávolságú kölcsönhatások hatékony numerikus kezelése. Kezdeti-, határ és peremfeltételek megvalósítása. Esemény-hajtott algoritmusok.

Diszkrét dinamikai rendszerek, sejtautomaták, modellezés sejtautomatákkal: egy- és kétdimenziós automaták, a dinamika kódolása. Totalisztikus dinamikák és fizikai alkalmazásuk. Rácsgáz modellek.

Hibrid szimulációs módszerek: A Langevin egyenlet megoldása a Brown-dinamika módszerével.

### Kötelező olvasmány:

Kun Ferenc, *Számítógépes modellezés és szimuláció*, elektronikus egyetemi jegyzet (Debreceni Egyetem, 2011).

### Ajánlott szakirodalom:

H. Gould and J. Tobochnik, *An introduction to computer simulation methods* (Addison-Wesley, 2006).

D. Rapaport, *The art of molecular dynamics simulations* (Cambridge University Press, 2000).

|                        |                |  |                   |                        |           |                       |
|------------------------|----------------|--|-------------------|------------------------|-----------|-----------------------|
| A tantárgy neve:       |                | <b>A számítógépes szimuláció módszerei gyakorlat</b> |                   |                        | Kódja:    | <b>TTFBL0614</b>      |
| Kötelező előtanulmány: |                | (p) A számítógépes szimuláció módszerei előadás      |                   |                        | Kódja:    | (p) TTFBE0205         |
| Típus                  | Heti óraszámok |  |                   | Követelmény            | Kredit    | Oktatás nyelve        |
|                        | Előadás        | Gyakorlat  | Labor             |                        |           |                       |
| Nappali                | <b>0</b>       | <b>0</b>   | <b>2</b>          | <b>gyakorlati jegy</b> | <b>2</b>  | <b>magyar</b>         |
| Tantárgyfelelős oktató |                | neve:  | <b>Kun Ferenc</b> |                        | beosztása | <b>egyetemi tanár</b> |

### A kurzus célja, hogy a hallgatók

1. elsajátítsák a modern számítógépes modellezés és szimuláció módszertanát.
2. a gyakorlatban alkalmazzák a sztochasztikus és determinisztikus fizikai rendszerek számítógépes modelljeinek legfontosabb algoritmusait.
3. jelentős mértékű tantermi és otthoni munka révén gyakorlatot szerezzenek a szimulációs modellek hatékony számítógépes megvalósításában.

**A kurzus tartalma, témakörei**

A számítógépes kísérletezés módszere. Véletlenszám generátorok és tesztelésük. Tetszőleges eloszlású véletlenváltozó előállítás.

Monte Carlo szimulációs módszerek: dobókocka dobás, radioaktív bomlás, Poisson folyamat szimulációja. Egyszerű, önelkerülő és emlékező bolyongás. Növekedési folyamatok szimulációja, diffúzió kontrollált aggregációs jelenségek, egy-klaszter és klaszter-klaszter aggregációs folyamatok, DLA és Eden modell. Fraktálstruktúrák numerikus vizsgálatának módszerei. Terjedési jelenségek modelljei. Perkoláció, inváziós perkoláció.

Molekuláris dinamikai szimuláció: A mozgásegyenlet numerikus megoldásának módszerei, Euler, Runge-Kutta, Prediktor-Korrektor és a Verlet módszer. Molekuláris dinamikai szimulációs programok optimalizálása, rövid és hosszú hatótávolságú kölcsönhatások hatékony numerikus kezelése. Kezdeti-, határ és peremfeltételek megvalósítása. Esemény-hajtott algoritmusok.

Diszkrét dinamikai rendszerek, sejtautomaták, modellezés sejtautomatákkal: egy- és kétdimenziós automaták, a dinamika kódolása. Totalisztikus dinamikák és fizikai alkalmazásuk. Rácsgáz modellek.

Hibrid szimulációs módszerek: A Langevin egyenlet megoldása a Brown-dinamika módszerével.

**Kötelező olvasmány:**

Kun Ferenc, *Számítógépes modellezés és szimuláció*, elektronikus egyetemi jegyzet (Debreceni Egyetem, 2011).

**Ajánlott szakirodalom:**

H. Gould and J. Tobochnik, *An introduction to computer simulation methods* (Addison-Wesley, 2006).

D. Rapaport, *The art of molecular dynamics simulations* (Cambridge University Press, 2000).

|                        |                |   |                          |                             |           |                           |
|------------------------|----------------|---|--------------------------|-----------------------------|-----------|---------------------------|
| A tantárgy neve:       |                | <b>Analitikai spektroszkópiai eljárások</b> |                          |                             | Kódja:    | <b>TTFBE0204</b>          |
| Kötelező előtanulmány: |                | Kondenzált anyagok 1                        |                          |                             | Kódja:    | TTFBE0106                 |
| Típus                  | Heti óraszámok |   |                          | Követelmény                 | Kredit    | Oktatás nyelve            |
|                        | Előadás        | Gyakorlat                                   | Labor                    |                             |           |                           |
| Nappali                | <b>2</b>       | <b>0</b>                                    | <b>0</b>                 | <b>alíírás + kollokvium</b> | <b>3</b>  | <b>magyar</b>             |
| Tantárgyfelelős oktató |                | neve:                                       | <b>Csarnovics István</b> |                             | beosztása | <b>egyetemi adjunktus</b> |

**A kurzus célja, hogy a hallgatók**

korábbi kondenzált anyagok tanulmányaikban szerzett ismeretekre alapozva bővítsék ismereteiket az alapvető és származtatott fizikai mennyiségekről; anyagok tulajdonságairól és azok vizsgálati, főleg analitikai, módszereiről;

megismerjék és képesek legyenek felsorolni, elemezni az analitikai spektroszkópiai eljárások elemeit, módszereit és alkalmazási lehetőségeit az anyagvizsgálatokban;

az elektromágneses hullámok alapfogalmain és anyaggal történő kölcsönhatásán keresztül megértsék a különböző spektroszkópiai módszerek működését;

gyakorlatban ismerjék meg a módszerek lehetséges alkalmazási lehetőségeit;

mindezek a hallgató további természet – és alkalmazott tudományi ismereteit, illetve azok konkrét ipari alkalmazásait alapozza meg.

**A kurzus tartalma, témakörei**

Analitikai spektroszkópia tárgyköre, részei, elemei. Elektromágneses hullámok tartományai, jellemző tulajdonságai és paraméterei. Hullám természettel kapcsolatos folyamatok. Részecske természettel kapcsolatos folyamatok. Az elektromágneses hullámok különböző tartományai és azok alkalmazási területei. Elektromágneses hullámok és a minta kölcsönhatása során fellépő effektusok. Az analitikai spektroszkópia műszereinek elemei: fényforrások, mintatartó egység, fénykiválasztó egység, detektorok. Kémiai fényforrások: működési elv, felépítés, spektroszkópiai alkalmazási területek. Elektromos fényforrások (izzó, halogén lámpa, kompakt fénycső, LED, lézer) – működési elv, felépítés, spektroszkópiai alkalmazási területek, spektrumaik különbségének bemutatása. A fénysugárzás detektálásának lehetőségei (fotocella, fotodióda, fotoelektron-sokszorozó, CCD) – működési elv, felépítés, spektroszkópiai alkalmazási terület. Infravörös tartományban működő detektorok. Detektorrendszerek és jelfeldolgozás (PMT-k, háttérkorrekciók, számítógépes vezérlés és mérés). Optika szűrők, mint spektroszkópiai elemek – működési elvük, felépítésük. Hullámhossz kiválasztó egységek, mint spektroszkópiai elemek – működési elvük, felépítésük, példák. Spektrométer elemei, típusai, illetve felépítésük. Újabb optikai leképezési és fényfelbontásos módszerek (száloptikák, holografikus rácsok stb.) Spektrométer elemei, típusai, illetve felépítésük. Minőségi és mennyiségi analízis megvalósítása. Atomok és a molekulák színképeinek összehasonlítása, különbségének okai. Atomabszorpciós spektroszkópia: abszorpció fogalma, a módszer főbb egységei, a módszer által vizsgálható anyagok, különböző atom abszorpciós módszerek bemutatása, atomszerkezet és abszorpciós színképszerkezet (atom és ionszínképek) összefüggése. Atomemissziós spektroszkópia módszerek: emisszió fogalma, a módszer főbb egységei, a módszer által vizsgálható anyagok, különböző atom emissziós módszerek bemutatása, atomszerkezet és emissziós színképszerkezet összefüggése. Korszerű gerjesztési módszerek az atomspektroszkópiában: egyenáramú és nagyfrekvenciás (ICP) plazmák, lézergörjesztés stb. Molekula abszorpciós spektroszkópia: abszorpció fogalma, a módszer főbb egységei, a módszer által vizsgálható anyagok, a molekula abszorpciós módszerek bemutatása. Molekula emissziós spektroszkópia: emisszió fogalma, a módszer főbb egységei, a módszer által vizsgálható anyagok, a molekula emissziós módszerek bemutatása. UV-VIS spektroszkópia. Tömegspektrometria: működési elv, egységek, alkalmazási területek, anyagok. Infravörös spektroszkópia: működési elv, egységei, alkalmazási területei, anyagai. Raman spektroszkópia: működési elv, egységei, alkalmazási területei, anyagai. Felület analitikai módszerek: működési elv, egységek, alkalmazási területek, anyagok. Egyéb vizsgálati módszerek (SEM, TEM, XRD, RBS, SNMS, STM, AFM): működési elv, egységek, alkalmazási területek, anyagok.

**Kötelező olvasmány:**

1. Pokol György - Sztatisz Janisz: Analitikai kémia I., Műszaki Egyetem Kiadó, Budapest, 1999
2. Kiss Dezső, Horváth Ákos, Kiss Ádám: Kísérleti Atomfizika. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 1998.

## Ajánlott szakirodalom:

1. Posta József: Atomabszorpciós spektrometria, Digitális tankönyv, (2007)
2. Willard H.H., Merritt Jr. L.L., Dean J.A., Settle Jr. F.A.: Instrumental Methods of Analysis, Wadsworth Publ. Co. (1998)
3. Litz József: Általános Fizika III., Könyvkiadó, 1998.
4. H. Haken and H. C. Wolf: Atomic and Quantum Physics.

|                        |                |  |                         |                             |           |                        |
|------------------------|----------------|--|-------------------------|-----------------------------|-----------|------------------------|
| A tantárgy neve:       |                | <b>Analóg és alkalmazott elektronika</b> |                         |                             | Kódja:    | <b>TTFBE0203</b>       |
| Kötelező előtanulmány: |                | Bevezetés az elektronikába               |                         |                             | Kódja:    | TTFBE0120              |
| Típus                  | Heti óraszámok |  |                         | Követelmény                 | Kredit    | Oktatás nyelve         |
|                        | Előadás        | Gyakorlat                                | Labor                   |                             |           |                        |
| Nappali                | <b>2</b>       | <b>0</b>                                 | <b>0</b>                | <b>aláírás + kollokvium</b> | <b>3</b>  | <b>magyar</b>          |
| Tantárgyfelelős oktató |                | neve:                                    | <b>Dr. Zilizi Gyula</b> |                             | beosztása | <b>egyetemi docens</b> |

**A kurzus célja**, hogy a hallgatók

- elektronikai előtanulmányaikra alapozva mélyebb ismereteket szerezzenek az analóg és digitális elektronikában
- ismerjék meg az analóg és digitális elektronika fontosabb „klasszikus”, illetve legújabb gyakorlati alkalmazásait
- értsék a szakmai munkájuk és mindennapi életük során használt elektronikus berendezések működését

**A kurzus tartalma, témakörei**

Az analóg és alkalmazott elektronika témakörei. Az elektronikai eszközök tápfeszültség-ellátásával kapcsolatos alapismeretek. Lineáris tápegységek. Soros áteresztőtranzisztoros és integrált áramkörös stabilizátorok. Kapcsolóüzemű tápegységek elve és alkalmazásai. Az elektronikus erősítőkkel kapcsolatos ismeretek áttekintése, elmélyítése. Munkapontbeállítás, frekvenciaátvitel, fázistolás, visszacsatolás, torzítás, zaj. Teljesítményerősítők jellemzői, osztályozása, kapcsolástechnikája. Tranzisztoros teljesítményerősítő kapcsolások. Monolit és hibrid integrált áramkörös hangfrekvenciás teljesítményerősítők.

Audiotechnikai áramkörök és jelforrások. Az elektroakusztikai átviteli lánc elemei. Kábelek és csatlakozók. Szimmetrikus-aszimmetrikus jelvezetés; jelszintek (mikrofon, elektromos hangszerek, vonali szint). Fantom-táplálás. Passzív és aktív hangszínszabályozók, ekvalizerek; keresztváltók. Hangsugárzó rendszerek. A hang analóg és digitális feldolgozása, rögzítése, továbbítása. Analóg FM és DAB (Digital Audio Broadcasting) rendszerek. Térhatású hangrögzítés, hangtovábbítás, hangsugárzás. Sztereo, kvadrofon, Dolby (Stereo, Surround, Pro Logic I-II, Digital, TrueHD) hangrendszerek. Videotechnikai alapfogalmak. Képatalakító eszközök; a kép felbontása, a képtartalom elektronikus továbbítása. Az elektronikus színes képátvitel. Az összetett színes videojel felépítése és továbbítása. Y-jel és színkülönbségjelek. Analóg színes televíziórendszerek. Digitális video- és televíziórendszerek. SDTV, HDTV, UHD TV szabványok. Kábeles, földfelszíni és műholdas digitális jel továbbítás és sugárzás; DVB-C/T/S/H szabványok.

**Ajánlott szakirodalom:**

- Tietze –Schenk: Analóg és digitális áramkörök. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1993 (5. javított kiadás)  
 Kovács Csongor: Elektronika. General Press Kiadó, Budapest  
 Puskás István - Kovács Csongor: Analóg elektronika. General Press Kiadó, Budapest, 2011  
 P. Horowitz, W. Hill: The Art of Electronics. Cambridge University Press, 1993 (2. kiadás), 2015 (3. kiadás)  
 Az előadás diáiban hivatkozott weblapok, letölthető anyagok.

|                        |                                      |                      |          |                                  |                           |                |
|------------------------|--------------------------------------|----------------------|----------|----------------------------------|---------------------------|----------------|
| A tantárgy neve:       | <b>Atom- és magfizikai mérések 2</b> |                      |          | Kódja:                           | <b>TTFBL0217</b>          |                |
| Kötelező előtanulmány: | Atom- és magfizikai mérések 1        |                      |          | Kódja:                           | TTFBL0117                 |                |
| Típus                  | Heti óraszámok                       |                      |          | Követelmény                      | Kredit                    | Oktatás nyelve |
|                        | Előadás                              | Gyakorlat            | Labor    |                                  |                           |                |
| Nappali                | <b>0</b>                             | <b>0</b>             | <b>2</b> | <b>aláírás + gyakorlati jegy</b> | <b>2</b>                  | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató | neve:                                | <b>Ujvári Balázs</b> |          | beosztása                        | <b>egyetemi adjunktus</b> |                |

**A kurzus célja, hogy a hallgatók**

korábbi kondenzált anyagok, atom-és kvantummechanikai tanulmányaikban szerzett ismeretekre alapozva bővítsék ismereteiket az alapvető és származtatott fizikai mennyiségekről; kísérleti módszerekről; megismerjék és képesek legyenek alkalmazni különböző magfizikai mérési módszereket, valamint mérési-eredmény kiértékelési módszereket sajátítsanak el;  
 a kísérletező készség fejlesztése az atomfizika fontosabb törvényeinek kísérleti igazolása, a mérési adatok kiértékelésének fejlettebb szinten való alkalmazása  
 mindezek a hallgató további természet – és alkalmazott tudományi ismereteit, illetve azok konkrét ipari alkalmazásait alapozza meg.

**A kurzus tartalma, témakörei**

A Boltzmann állandó meghatározása. Fémek és félvezetők vezetőképessége, illetve annak hőmérséklet függése. Interferométerek működési elve és alkalmazási lehetőségei.

Kozmikus sugárzás mérése, gamma-gamma korrelációs mérések.

**Kötelező olvasmány:**

1. Szabó J., Raics P. : Atomfizikai és optikai laboratóriumi gyakorlatok, KLTE, 1986 (házi jegyzet)
2. Csarnovics István, Raics Péter, Süttő Henrietta, Atomfizikai és optikai laboratóriumi gyakorlatok, DE, 2016 (házi jegyzet).
3. <http://indykfi.phys.klte.hu/kisfiz/Varadi/MagfizikaII/R2.pdf>

**Ajánlott szakirodalom:**

Erostyák J., Litz J.(szerk.): A fizika alapjai, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2003

[http://indykfi.phys.klte.hu/kisfiz/Angeli/magfizika/BSc\\_0\\_Magfizika\\_2014.pdf](http://indykfi.phys.klte.hu/kisfiz/Angeli/magfizika/BSc_0_Magfizika_2014.pdf)

|  |                |                               |                            |                   |           |                       |
|--|----------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------|-----------|-----------------------|
| A tantárgy neve:   |                | <b>Bevezetés a kémiába I.</b> |                            |                   | Kódja:    | <b>TTKBE0141</b>      |
| Kötelező előtanulmány:   |                | nincs                         |                            |                   | Kódja:    |                       |
| Típus  | Heti óraszámok |                               |                            | Követelmény       | Kredit    | Oktatás nyelve        |
|  | Előadás        | Gyakorlat                     | Labor                      |                   |           |                       |
| Nappali  | <b>2</b>       | <b>0</b>                      | <b>0</b>                   | <b>kollokvium</b> | <b>2</b>  | <b>magyar</b>         |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:                         | <b>Dr. Várnagy Katalin</b> |                   | beosztása | <b>egyetemi tanár</b> |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók alapvető általános és szerves kémiai ismereteket sajátítsanak el, megismerjék az alapvető kémiai összefüggések alkalmazhatóságát a kémia és a természettudomány más területein, az általános és szerves kémia kapcsolatát és összefüggéseit a mindennapi élettel, az alapvető fizikai és biológiai jelenségekkel, a környezetvédelem kérdéseivel.</p>   |                |                               |                            |                   |           |                       |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b><br/>Az atomok szerkezete, kvantumszámok jelentése. Az elemek elektronszerkezete és a periódusos rendszer. A periódikus tulajdonságok: az ionizációs energia, az elektronaffinitás, az elektronegativitás; az atomok és ionok mérete. A kémiai kötés fajtái és rövid jellemzésük. Az anyagi rendszerek. Halmazállapotok és halmazállapot-változások. Az oldódás, az oldatok. A termokémia alapjai. Megoszlási egyensúly. A reakciókinetika alapjai. A kémiai egyensúlyok általános jellemzése. Savak és bázisok, a pH számítások alapjai. Redoxi folyamatok. A komplexek és képződésük. Radiokémiai alapismeretek. Az elemek előfordulása és gyakorisága. A legfontosabb elemek és néhány, gyakorlati jelentőségű vegyületük jellemzése.</p> |                |                               |                            |                   |           |                       |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b><br/>Dr. Lázár István: Általános és szerves kémia, Debreceni Egyetemi Kiadó<br/>Ajánlott szakirodalom:<br/>Veszprémi Tamás: Általános kémia, Akadémiai Kiadó Zrt, 2015</p>  |                |                               |                            |                   |           |                       |

|  |                |   |                         |                        |           |                           |
|--|----------------|---|-------------------------|------------------------|-----------|---------------------------|
| A tantárgy neve:   |                | <b>Bevezetés a kémiába III. (laboratóriumi gyakorlat)</b> |                         |                        | Kódja:    | <b>TTKBL0142</b>          |
| Kötelező előtanulmány neve:  |                | Bevezetés a kémiába I.                                    |                         |                        | Kódja:    | TTKBE0141                 |
| Típus  | Heti óraszámok |   |                         | Követelmény            | Kredit    | Oktatás nyelve            |
|  | Előadás        | Gyakorlat   | Labor                   |                        |           |                           |
| Nappali  | <b>0</b>       | <b>0</b>  | <b>2</b>                | <b>gyakorlati jegy</b> | <b>2</b>  | <b>Magyar</b>             |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:   | <b>Dr. Tircsó Gyula</b> |                        | beosztása | <b>egyetemi adjunktus</b> |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók a kémiai gyakorlati ismereteket és laboratóriumi alapszereket elsajátítsák, elmélyítsék.</p>  |                |   |                         |                        |           |                           |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b><br/>A laboratóriumi munkarend és a legfontosabb laboratóriumi eszközök megismerése. Alapvető mérések: tömeg-, térfogat- és sűrűségmérés elsajátítása. Alapvető laboratóriumi módszerek: oldás, hígítás, dekantálás, szűrés, gázpalackok használatának elsajátítása. Sav-bázis titrálások végzése, alap laboratóriumi mérések elvégzése.</p>                                       |                |   |                         |                        |           |                           |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b><br/>Gyakorlati feladatok leírása (oktatási segédanyag)<br/><i>Király Róbert</i>, Bevezetés a laboratóriumi gyakorlatba (oktatási segédanyag)<br/>Ajánlott szakirodalom:<br/><i>Dr. Lengyel Béla</i>, Általános és szerves kémiai praktikum (Tankönyvkiadó, Budapest)<br/><i>Kollár György, Kis Júlia</i>, Általános és szerves preparatív kémiai gyakorlatok (Tankönyvkiadó, Budapest)</p> |                |   |                         |                        |           |                           |

|  |                |                              |                         |                             |           |                        |
|--|----------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------|------------------------|
| A tantárgy neve:   |                | <b>Digitális elektronika</b> |                         |                             | Kódja:    | <b>TTFBE0202</b>       |
| Kötelező előtanulmány:   |                | Bevezetés az elektronikába   |                         |                             | Kódja:    | TTFBE0120              |
| Típus  | Heti óraszámok |                              |                         | Követelmény                 | Kredit    | Oktatás nyelve         |
|  | Előadás        | Gyakorlat                    | Labor                   |                             |           |                        |
| Nappali  | <b>2</b>       | <b>0</b>                     | <b>0</b>                | <b>aláírás + kollokvium</b> | <b>3</b>  | <b>magyar</b>          |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:                        | <b>Dr. Zilizi Gyula</b> |                             | beosztása | <b>egyetemi docens</b> |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- korábbi elektronikai tanulmányaikra alapozva mélyebb ismereteket szerezzenek a digitális elektronikában</li> <li>- ismerjék a digitális technikát; eredményeit tudják alkalmazni munkájuk során</li> <li>- elsajátítsanak programozható digitális eszközökkel és a számítógép hardverével kapcsolatos fontos ismereteket</li> </ul> <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>A logikai függvényekkel és a Boole-algebrával kapcsolatos alapismeretek átismétlése, elmélyítése. A gyakran használt digitális integrált áramköri családok kapcsolástechnikája, jellemzői, típusválasztéka. Különböző áramköri családok csatlakoztatása. Külső elemek illesztése digitális áramkörökhöz: nagy áramfelvételű, illetve hálózati váltakozófeszültségről működő eszközök meghajtása. Kombinációs logikai hálózatok elektronikai megvalósítása: kódolók, kódátalakítók, multiplexerek, demultiplexerek, összeadók. Szekvenciális logikai hálózatok: RS, D, T és JK tárolók; szinkron és aszinkron bináris és BCD számlálók; léptetőregiszterek. A/D és D/A átalakítók. Programozható logikai eszközök: PAL, PLA, FPGA. Digitális elektronikai áramkörök alkalmazásai a számítógépekben. Sínrendszer fogalma, fajtái. Sínre csatlakozó áramkörök; a sín vezérlése. A mikroprocesszorok elektronikai felépítése, működése; fejlődésük fontosabb állomásai; alkalmazásai. Digitális számítógépek áramkörei.</p> <p>Ajánlott szakirodalom:</p> <p>Tietze –Schenk: Analóg és digitális áramkörök. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1993 (5. javított kiadás)</p> <p>Kovács Csongor – Hegyesi László: Digitális elektronika. General Press Kiadó, Budapest, 2011</p> <p>K. Beuth: Az elektronika alapjai III. Műszaki Könyvkiadó, Budapest</p> <p>P. Horowitz, W. Hill: The Art of Electronics. Cambridge University Press, 1993 (2. kiadás), 2015 (3. kiadás)</p> <p>Andrew S. Tanenbaum; Számítógép-architektúrák. PANEM Kft, 2006</p> |                |                              |                         |                             |           |                        |

|   |                |  |                       |                   |           |                                     |
|---|----------------|--|-----------------------|-------------------|-----------|-------------------------------------|
| A tantárgy neve:  |                | <b>Elektron- és atomi mikroszkópia</b>             |                       |                   | Kódja:    | <b>TTFBE0207</b>                    |
| Kötelező előtanulmány:  |                | Optika<br>Elektromágnesség<br>Kondenzált anyagok 1 |                       |                   | Kódja:    | TTFBE0103<br>TTFBE0105<br>TTFBE0106 |
| Típus   | Heti óraszámok |  |                       | Követelmény       | Kredit    | Oktatás nyelve                      |
|   | Előadás        | Gyakorlat  | Labor                 |                   |           |                                     |
| Nappali   | <b>2</b>       | <b>0</b>   | <b>0</b>              | <b>kollokvium</b> | <b>3</b>  | <b>magyar</b>                       |
| Tantárgyfelelős oktató  |                | neve:  | <b>Cserhádi Csaba</b> |                   | beosztása | <b>egyetemi docens</b>              |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• korábbi elektromosságtani és kondenzált anyagok terén szerzett ismeretekre alapozva bővítsék ismereteiket az anyagvizsgálat területén;</li> <li>• megtanulják a korszerű mikroszkópos képalkotó módszerek és alkalmazási lehetőségeit</li> <li>• megismerjék a pásztázó elektronmikroszkóp működésének elvét</li> <li>• rendszerezni tudják az elektronnyaláb és a minta anyagának kölcsönhatásában keletkezett jeleket és az ezekből nyerhető információt</li> <li>• megismerje a berendezések analitikai lehetőségeit (kvalitatív és kvantitatív)</li> <li>• képesek legyenek választani az alkalmazásnak megfelelő alapvető üzemmód kiválasztására</li> <li>• megismerjék az egyéb pásztázó elven működő mikroszkópokat (SPM, AFM)</li> <li>• bővítsék a transzmissziós elektronmikroszkópról megszerzett ismereteiket, különös tekintettel az elektrondiffrakció területén</li> </ul> |                |  |                       |                   |           |                                     |

|  |
|--|
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>A félév során a hallgatók megismerkednek a pásztázó elektronmikroszkópia (SEM) és az elektronsugaras (EPMA) mikroanalízis, valamint a transzmissziós elektronmikroszkópia (TEM) és az elektrondiffrakció (ED) elméleti és gyakorlati alapjaival. Tárgyaljuk a berendezések működését, az elektronnaláb és a minta anyagának kölcsönhatását, a keletkező jelek detektálásának módjait, az elektrondiffrakciós jelenségeket, valamint a képalkotás alapjait. Bemutatjuk a kvalitatív és kvantitatív röntgenanalízis alapelveit, valamint a mikroszkópos minták előkészítését. A mikroszkópos képek értelmezéséhez elengedhetetlen képmegmunkálás és képanalízis alapjai is a kurzus részét képezik. Mindezek mellett tárgyalásra kerülnek egyéb pásztázó elven működő berendezések is, mint az SPM és AFM. Az előadások anyagát a hallgatók a berendezés használata során a gyakorlatban is kipróbálják.</p> |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b></p> <p>Pozsgai Imre: A pásztázó elektronmikroszkóp és elektronsugaras mikroanalízis alapjai<br/> Radnóczy György: A transzmissziós elektronmikroszkópia és elektrondiffrakció alapjai</p> <p>Ajánlott szakirodalom:</p> <p>Ludwig Reimer: Scanning Electron Microscopy; Physics of Image Formation and Microanalysis, Springer 1998<br/> Joseph I. Goldstein, Dale E. Newbury, Patrick Echlin &amp; David C. Joy: Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis; ISBN 0-306-47292-9</p>   |

|  |   |                       |          |                   |                        |                |
|--|---|-----------------------|----------|-------------------|------------------------|----------------|
| A tantárgy neve:   | <b>Kondenzált anyagok laboratóriumi mérések 2</b> |                       |          | Kódja:            | <b>TTFBL0219</b>       |                |
| Kötelező előtanulmány:   | Kondenzált anyagok laboratóriumi mérések 1        |                       |          | Kódja:            | TTFBL0116              |                |
| Típus  | Heti óraszámok                                    |                       |          | Követelmény       | Kredit                 | Oktatás nyelve |
|  | Előadás   | Gyakorlat             | Labor    |                   |                        |                |
| Nappali  | <b>0</b>  | <b>0</b>              | <b>1</b> | <b>kollokvium</b> | <b>2</b>               | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató   | neve:   | <b>Cserháti Csaba</b> |          | beosztása         | <b>egyetemi docens</b> |                |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <p>a kondenzált anyagok témaköréből vett 4 db 4 órás mérési gyakorlat segítségével a tárgyra vonatkozó ismeretek bővítése.</p>  |   |                       |          |                   |                        |                |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>A kurzus során az alábbi hat mérésből négyet kell választania a hallgatónak: Ferromágnes anyagok mágneses tulajdonságainak hőmérsékletfüggése. Metallográfia. Mérések pásztázó elektronmikroszkóppal. Mérések transzmissziós elektronmikroszkóppal. Ötvözetek előállítása ívolvasztással. Multirétegek előállítása és vizsgálata</p> |   |                       |          |                   |                        |                |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b></p> <p>A mérésekhez az Intézetben készített, 10-20 oldalas mérési utasítás tartozik.</p>   |   |                       |          |                   |                        |                |

|   |                          |                    |          |                   |                        |                |
|---|--------------------------|--------------------|----------|-------------------|------------------------|----------------|
| A tantárgy neve:  | <b>Környezetfizika 1</b> |                    |          | Kódja:            | <b>TTFBE0206</b>       |                |
| Kötelező előtanulmány:  | Hőtan                    |                    |          | Kódja:            | TTFBE0102              |                |
| Típus   | Heti óraszámok           |                    |          | Követelmény       | Kredit                 | Oktatás nyelve |
|   | Előadás                  | Gyakorlat          | Labor    |                   |                        |                |
| Nappali   | <b>2</b>                 | <b>0</b>           | <b>0</b> | <b>kollokvium</b> | <b>3</b>               | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató  | neve:                    | <b>Papp Zoltán</b> |          | beosztása         | <b>egyetemi docens</b> |                |
| <p><b>kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• áttekintést nyerjenek arról, hogy a környezeti elemek állapotának meghatározásában és folyamatainak menetében a fizika törvényei milyen szerepet játszanak, hogyan érvényesülnek, és miféle következményekkel járnak;</li> <li>• képessé váljanak annak felismerésére, hogy a környezet egyes jelenségeiben a fizika mely törvényei nyilvánulnak meg, milyen módon és mértékben;</li> <li>• ismerjék meg a környezeti elemek és folyamatok fizikai leírásában használt legfontosabb fogalmakat és mennyiségeket;</li> </ul> |                          |                    |          |                   |                        |                |

- ismerjék meg a környezeti elemek állapotának felmérését segítő néhány módszer alapelvét;
- szerezzenek készséget a környezet mennyiségi viszonyainak érzékelésére, és ezek következményeinek helyes megítélésére.

#### A kurzus tartalma, témakörei

A környezetfizika jelentéstartalma, a tudományok rendszerében betöltött helye és szerepe. A környezet, mint a Világegyetem része térben és időben. Földönkívüli eredetű fizikai hatások a környezetben (extragalaktikus és galaktikus eredetű hatások; a Nap, a Hold és a Naprendszer más objektumainak környezetben megnyilvánuló hatásai). Földi eredetű fizikai hatások a környezetben (a Föld keletkezése és fejlődése; a Föld égitest-voltából származó környezeti-fizikai hatások; a Föld belső szerkezete, energiataralma, gravitációs és mágneses tere). A földkéreg fizikájának alapjai és környezeti következményei (lemeztektonika; hegységképződés; vulkánizmus; földrengések; erózió; kőzet- és talajfizika). A természetes vizek fizikájának alapjai és környezeti következményei (víz fizikai tulajdonságai; környezeti vizek energia- és anyagforgalma; óceánok, tengerek, folyók, tavak, felszín alatti vizek, jég fizikája). A légkör fizikájának alapjai és környezeti következményei (függőleges és vízszintes szerkezet; a földfelszín-légkör rendszer energiaháztartása, a légkör energiamérlege, üvegházhatás; ózonárnyékolás; időjárási jelenségek; légköri elektromosság és fényjelenségek; légköri anyagtranszport és aeroszolok; éghajlatok térbeli eloszlása, globális éghajlati rendszer, éghajlat időbeli változásai).

#### Kötelező olvasmány:

Papp Zoltán: Bevezetés a környezetfizikába, kézirat, 2016.

Ajánlott szakirodalom:

Kiss Árpád Zoltán (szerk.): Fejezetek a környezetfizikából, kézirat, DE TTK – MTA ATOMKI Környezetfizikai Tanszék, Debrecen, 2003.

Sós Katalin (szerk.): Környezetfizika, Egyetemi tankönyv, SZEK JGYF Kiadó, Szeged, 2016.

Ujfaludi László: A környezeti problémák természettudományos alapjai (környezetfizika), Heves Megyei Önkormányzat Pedagógiai Intézete, Eger, 1999.

Mészáros Ernő: A környezettudomány alapjai. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2001.

|                        |                |                                     |                    |                             |           |                        |
|------------------------|----------------|-------------------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------|------------------------|
| A tantárgy neve:       |                | Mérési adatok feldolgozása          |                    |                             | Kódja:    | <b>TFBE0603</b>        |
| Kötelező előtanulmány: |                | Valószínűségszámítás és statisztika |                    |                             | Kódja:    | TTMBE0818              |
| Típus                  | Heti óraszámok |                                     |                    | Követelmény                 | Kredit    | Oktatás nyelve         |
|                        | Előadás        | Gyakorlat                           | Labor              |                             |           |                        |
| Nappali                | <b>2</b>       | <b>1</b>                            | <b>0</b>           | <b>aláírás + kollokvium</b> | <b>4</b>  | <b>magyar</b>          |
| Tantárgyfelelős oktató |                | neve:                               | <b>Darai Judit</b> |                             | beosztása | <b>egyetemi docens</b> |

#### A kurzus célja, hogy a hallgatók

- áttekintsék a valószínűség-számítás és a matematikai statisztika főbb elemeit;
- megismerkedjenek az alapvető matematikai statisztikai és numerikus módszerekkel;
- példákat lássanak alkalmazásukra a fizikai mérések kiértékelésében;
- megtanulják, hogyan nyerhetnek információkat és vonhatnak le következtetéseket a kísérleti adatokból.

#### A kurzus tartalma, témakörei

A valószínűség-számítás elemei: a valószínűség fogalma és értelmezése, a valószínűségi sűrűségfüggvény, valószínűségi változók jellemzői. Példák eloszlásokra és megvalósulásukra: egyenletes, Poisson-, exponenciális, Gauss-, lognormális, khi-négyzet, binomiális, multinomiális eloszlások. Hibaterjedési formulák. Paraméterbecslés: statisztika, becslés, konzisztens becslés, paraméterillesztés, mintaeloszlás, a becslés torzítása, torzítatlan becslés, közepes négyzetes hiba, mintaközép, nagy számok gyenge törvénye, mintaszórás, a becslés szórása (statisztikus hibája). A Monte-Carlo módszer és alkalmazásai: egyenletes eloszlású véletlen változók generálása, multiplikatív lineáris kongruencia, a transzformációs módszer, az elfogadó-elfvető módszer, Monte-Carlo integrálás, alkalmazások.

Statisztikai próbák: statisztikai hipotézis, teszt-statisztika, elfogadási és kritikus tartomány, szignifikancia-szint, első- és másodrendű hiba. Alkalmazás részecskék szelektálására. Legkedvezőbb próba-statisztika konstruálása, Fischer-féle lineáris diszkriminációs függvény. Illesztési tesztek, P-érték, szignifikancia (konfidencia)-szint. Jel szignifikanciájának vizsgálata. Khi-négyzet próba. A maximum likelihood módszer: likelihood-függvény, valószínűségi sűrűségfüggvény paraméterének becslése maximum likelihood módszerrel. Példák: exponenciális

és Gauss-eloszlás várható értékének és szórásnégyzetének becslése. A maximum likelihood becslés szórása: analitikus módszer, Monte-Carlo módszer, RFC (információs) egyenlőtlenség, hatásos becslés, grafikus módszer. Példa kétparaméteres maximum likelihood becslésre. A legkisebb négyzetek módszere: kapcsolat a maximum likelihood módszerrel. Paraméterekben lineáris függvény illesztése. A becslt paraméterek szórása. Momentumok módszere. Karakterisztikus függvények és alkalmazásai. Numerikus matematikai módszerek. Hibák. Hibaforrások, véges pontosságú számábrázolás. Nem-lineáris egyenletek: a fixpont-iterációs módszer, Newton-Raphson eljárás, húrmódszer. Két egyenletből álló egyenletrendszerek: Fixpont-iteráció, Newton-Raphson eljárás, gradiens-módszer. Algebrai egyenletek: Horner-elrendezés, Vieta-tétel, Lobacsevszkij-Graeffe módszer. Lineáris egyenletrendszerek megoldása: általános alak, Gauss-elimináció, iteráció, előnyök, hátrányok. Gyengén meghatározott egyenletrendszerek, geometriai szemléltetés. Numerikus integrálás: az általános kvadratura-formula, trapéz-formula, Simpson-formula. Differenciálegyenletek numerikus integrálása: az alapfeladat és általánosításai, Euler-módszer, Taylor-módszer.

#### Ajánlott szakirodalom:

Glen Cowan: Statistical data analysis (Clarendon press, Oxford, 1998)

Obádovics J. Gy.: Valószínűségszámítás és matematikai statisztika, SCOLAR KFT, 2016.

W.H. Press et al.: Numerical Recipes (Cambridge University Press, 2007.)

|                        |                |   |                     |                                      |                        |                           |
|------------------------|----------------|---|---------------------|--------------------------------------|------------------------|---------------------------|
| A tantárgy neve:       |                | <b>Mikrokontrollerek alkalmazástechnikája</b>     |                     | Kódja:                               | <b>TFBL0317</b>        |                           |
| Kötelező előtanulmány: |                | Bevezetés az elektronikába (előadás), Programozás |                     | Kódja:                               | TTFBE0120<br>TTFBE0210 |                           |
| Típus                  | Heti óraszámok |   |                     | Követelmény                          | Kredit                 | Oktatás nyelve            |
|                        | Előadás        | Gyakorlat   | Labor               |                                      |                        |                           |
| Nappali                | <b>0</b>       | <b>0</b>  | <b>2</b>            | <b>aláírás +<br/>gyakorlati jegy</b> | <b>2</b>               | <b>magyar</b>             |
| Tantárgyfelelős oktató |                | neve:   | <b>Zilizi Gyula</b> |                                      | beosztása              | <b>egyetemi adjunktus</b> |

#### A kurzus célja, hogy a hallgatók

- alapszinten ismerjék a mikrokontrollereket és alkalmazási területeiket
- gyakorlati példákon keresztül részletesen megismerjék az Arduino mikrokontrolleres elektronikai fejlesztői hardver/szoftver környezet használatát, programozását, alkalmazási lehetőségeit.
- bővítsék elektronikai ismereteiket

#### A kurzus tartalma, témakörei

A mikrokontrollerek általános felépítése és alkalmazásai. Az elterjedtebb típusok áttekintése. Az Arduino mikrokontrolleres fejlesztői környezet ismertetése (hardver és szoftver). Az Arduino Uno felépítése, részei, csatlakozói. Programok telepítése és használata. A digitális ki- és bemenetek használata. LED vezérlése, nyomógomb beolvasása, egyéb egyszerű feladatok megvalósítása, programozása Arduino és Processing szoftverek segítségével. Az analóg ki-és bemenetek használata. Feszültség beolvasása potenciométerről. Az analóg kimenet alkalmazása LED fade effektushoz. A soros port használata. Vezérlő struktúrák: egyszeres és többszörös feltételes utasítások, ciklusszervezés, tömbök. Külső eszközök csatlakoztatása és meghajtása. A/D és D/A átalakító használata. Különböző szenzorok csatlakoztatása, kiolvasása. Önálló projektek megvalósítása.

#### Kötelező olvasmány:

A DE Fizika Intézet elektronikus oktatási felületén ([moodle.phys.unideb.hu](https://moodle.phys.unideb.hu)) a laborgyakorlattal kapcsolatos anyagok

Ajánlott szakirodalom:

<https://www.arduino.cc/>

<https://processing.org/>

|   |                |   |                                  |                   |                            |                |
|---|----------------|---|----------------------------------|-------------------|----------------------------|----------------|
| A tantárgy neve:  |                | <b>Modern analízis</b>  |                                  | Kódja:            | <b>TTMBE0816</b>           |                |
| Kötelező előtanulmány:  |                | Többváltozós függvények differenciál- és integrálszámítása<br>(k) Modern analízis gyakorlat |                                  | Kódja:            | TTMBE0814<br>(k) TTMBG0816 |                |
| Típus   | Heti óraszámok |   |                                  | Követelmény       | Kredit                     | Oktatás nyelve |
|   | Előadás        | Gyakorlat   | Labor                            |                   |                            |                |
| Nappali   | <b>2</b>       | <b>0</b>  | <b>0</b>                         | <b>Kollokvium</b> | <b>3</b>                   | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató  |                | neve:   | <b>dr. Novák-Gselmann Eszter</b> | beosztása         | <b>egyetemi adjunktus</b>  |                |
| <p><b>A kurzus célja,</b> hogy a hallgatók megismerkedjenek a komplex függvénytan és a funkcionálanalízis bevezető elemeivel, a vonatkozó definíciók, tételek és bizonyítások tekintetében. Legyenek képesek a téma eredményeit a kapcsolódó fizikai problémákban alkalmazni.</p>   |                |   |                                  |                   |                            |                |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b><br/>Komplex függvények differenciálhatósága. Pályamenti integrál, Cauchy-féle integráltétel. Taylor-sorok és Laurent-sorok. A reziduuum-tétel. Metrikus terek, kompaktság, teljesség, szeparabilitás. A Hahn--Banach tétel. Korlátos lineáris leképezések. Banach terek, Hilbert terek, Gram--Schmidt-féle ortogonalizálás. Teljes ortonormált rendszerek. Fourier-sorok, Riesz reprezentációs tétel. Önadjungált, normális, unitér és kompakt operátorok. Kompakt operátorok spektrálmélete. Fredholm- és Volterra-típusú integráloperátorok. Banach-algebrák, spektrum, rezolvens, Gelfand--Mazur-tétel. A folytonos függvénykalkulus elemei és alkalmazásai. A kvantummechanika matematikai alapjai.</p>  |                |   |                                  |                   |                            |                |
| <p><b>Ajánlott szakirodalom:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Járai Antal: <i>Modern alkalmazott analízis</i>, Typotex Könyvkiadó, 2007.</li> <li>A. A. Kirillov, A. D. Gvisiani: <i>Feladatok a funkcionálanalízis köréből</i>, Tankönyvkiadó, 1985.</li> <li>A. N. Kolmogorov, Sz. V. Fomin: <i>A függvényelmélet és a funkcionálanalízis elemei</i>, Műszaki Könyvkiadó, 1981.</li> <li>Losonczi L.: <i>Funkcionálanalízis I</i>, Tankönyvkiadó, 1982.</li> <li>Riesz F., Szőkefalvi-Nagy B.: <i>Funkcionálanalízis</i>, Tankönyvkiadó, 1988.</li> <li>Halász Gábor: Bevezető komplex függvénytan. Komplex függvénytan füzetek III., 2. javított kiadás, 2002.</li> <li>Petruska György: Komplex függvénytan. Nemzeti Tankönyvkiadó, 6. kiadás., 1998.</li> <li>W. Rudin: <i>Real and Complex Analysis</i>, 3 ed., McGraw-Hill, 1986.</li> <li>Zalay Miklós, Hanka László: <i>Komplex függvénytan (Bolyai sorozat)</i>, Műszaki Könyvkiadó, 2005.</li> </ol> |                |   |                                  |                   |                            |                |

|   |                |                                  |                                  |                        |                           |                |
|---|----------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------|---------------------------|----------------|
| A tantárgy neve:  |                | <b>Modern analízis gyakorlat</b> |                                  | Kódja:                 | <b>TTMBG0816</b>          |                |
| Kötelező előtanulmány:  |                | (p) Modern analízis              |                                  | Kódja:                 | (p) TTMBE0816             |                |
| Típus   | Heti óraszámok |                                  |                                  | Követelmény            | Kredit                    | Oktatás nyelve |
|   | Előadás        | Gyakorlat                        | Labor                            |                        |                           |                |
| Nappali   | <b>0</b>       | <b>2</b>                         | <b>0</b>                         | <b>gyakorlati jegy</b> | <b>2</b>                  | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató  |                | neve:                            | <b>dr. Novák-Gselmann Eszter</b> | beosztása              | <b>egyetemi adjunktus</b> |                |
| <p><b>A kurzus célja,</b> hogy a hallgatók megismerjék és elsajátítsák a modern analízis bevezető elemeit, az előadáson elhangzott definíciók, tételek és bizonyítási módszerek példákön keresztül történő elmélyítése útján. Legyenek képesek a témához kapcsolódó feladatok megoldására a fizikai alkalmazások során.</p>   |                |                                  |                                  |                        |                           |                |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei:</b><br/>Komplex függvények differenciálhatósága. Pályamenti integrál, Cauchy-féle integráltétel. Taylor-sorok és Laurent-sorok. A reziduuum-tétel. Metrikus terek, kompaktság, teljesség, szeparabilitás. A Hahn--Banach tétel. Korlátos lineáris leképezések. Banach terek, Hilbert terek, Gram--Schmidt-féle ortogonalizálás. Teljes ortonormált rendszerek. Fourier-sorok, Riesz reprezentációs tétel. Önadjungált, normális, unitér és kompakt operátorok. Kompakt operátorok spektrálmélete. Fredholm- és Volterra-típusú integráloperátorok. Banach-algebrák, spektrum, rezolvens, Gelfand--Mazur-tétel. A folytonos függvénykalkulus elemei és alkalmazásai. A kvantummechanika matematikai alapjai.</p> |                |                                  |                                  |                        |                           |                |
| <p><b>Ajánlott szakirodalom:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Járai A.: <i>Modern alkalmazott analízis</i>, Typotex Könyvkiadó, 2007.</li> <li>A. A. Kirillov, A. D. Gvisiani: <i>Feladatok a funkcionálanalízis köréből</i>, Tankönyvkiadó, 1985.</li> </ol>   |                |                                  |                                  |                        |                           |                |

3. A. N. Kolmogorov, Sz. V. Fomin: *A függvényelmélet és a funkcionálanalízis elemei*, Műszaki Könyvkiadó, 1981.
4. Losonczi L.: *Funkcionálanalízis I*, Tankönyvkiadó, 1982.
5. Riesz F., Szőkefalvi-Nagy B: *Funkcionálanalízis*, Tankönyvkiadó, 1988.
6. Halász Gábor: Bevezető komplex függvénytan. Komplex függvénytan. Füzetek III., 2. javított kiadás, 2002.
7. Petruska György: Komplex függvénytan. Nemzeti Tankönyvkiadó, 6. kiadás., 1998.
8. W. Rudin: *Real and Complex Analysis*, 3 ed., McGraw-Hill, 1986.
9. Zalay Miklós, Hanka László: Komplex függvénytan (Bolyai sorozat), Műszaki Könyvkiadó, 2005.

|  |                |   |                    |                   |           |                            |
|--|----------------|---|--------------------|-------------------|-----------|----------------------------|
| A tantárgy neve:   |                | <b>Nukleáris mérés technika</b>                                       |                    |                   | Kódja:    | <b>TTFBE0213</b>           |
| Kötelező előtanulmány:   |                | Atom- és kvantumfizika<br>(k) Nukleáris mérés technika laborgyakorlat |                    |                   | Kódja:    | TTFBE0107<br>(k) TTFBL0213 |
| Típus  | Heti óraszámok |   |                    | Követelmény       | Kredit    | Oktatás nyelve             |
|  | Előadás        | Gyakorlat   | Labor              |                   |           |                            |
| Nappali  | <b>2</b>       | <b>0</b>  | <b>0</b>           | <b>kollokvium</b> | <b>3</b>  | <b>magyar</b>              |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:   | <b>Papp Zoltán</b> |                   | beosztása | <b>egyetemi docens</b>     |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• az alapelvekre és a működési módokra kiterjedő részletes áttekintést nyerjenek azokról a módszerekről és mérőeszközökről, amelyek laboratóriumi vagy terepi körülmények között használhatók atommag-sugárzások és más ionizáló sugárzások fajtájának megállapítására, illetve mennyiségének mérésére;</li> <li>• ismereteket szerezzenek a vizsgálatok közvetlen tárgyát képező, fenti típusú sugárzások tulajdonságairól és anyaggal való kölcsönhatásokról;</li> <li>• megismerjenek olyan eljárásokat, melyek alkalmasak radionuklidok mennyiségének meghatározására anyagmintákban;</li> <li>• ismerjék meg a tárgyalt módszerek, mérőeszközök, sugárzások, eljárások jellemzéséhez használt legfontosabb fogalmakat és mennyiségeket;</li> <li>• képessé váljanak annak helyes megítélésére, hogy egy konkrét, a nukleáris mérés technika alkalmazását igénylő feladat megoldására milyen módszerek, mérőeszközök, eljárások használhatók;</li> </ul> |                |   |                    |                   |           |                            |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>A nukleáris mérés technika jelentéstartalma és alapvető feladata. A vizsgálandó atommagsugárzások és más ionizáló sugárzások főbb tulajdonságai, kölcsönhatásaik az anyaggal. Az előbbi fajtájú sugárzások észlelésével és tulajdonságaik, mennyiségük mérésével kapcsolatos fontosabb fogalmak és mennyiségek. A sugárzások vizsgálatára használható mérőeszközök különféle fajtái, azok működésének alapelvei és részletei (gázöltésű detektorok, szcintillációs detektorok, félvezető detektorok, egyéb detektortípusok). A mérőeszközök működését kiszolgáló elektronikus segédeszközök (nukleáris elektronika). Radionuklidok ill. stabil izotópok anyagmintabeli mennyiségének meghatározására használható mérési eljárások: alfa-, béta- és gamma-spektrometria, tömegspektrometria, aktivációs analízis.</p>   |                |   |                    |                   |           |                            |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b></p> <p>Papp Zoltán: Nukleáris mérés technika, előadás prezentáció, 2017.</p> <p>Ajánlott szakirodalom:</p> <p>Bódizs D.: Atommag-sugárzások mérés technikai, Typotex, Budapest, 2006.</p> <p>Kiss D., Kajesos Zs.: Nukleáris technika, Tankönyvkiadó, Budapest, 1984.</p> <p>Nagy L. Gy.: Radiokémia és izotóptechnika, Tankönyvkiadó, Budapest, 1983.</p> <p>Kiss D., Horváth Á., Kiss Á.: Kísérleti atomfizika, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 1998.</p> <p>Csikainé Buczkó M.: Radioaktivitás és atommagfizika, Tankönyvkiadó, Budapest, 1985.</p> <p>Bódy Z., Dede M., Atommagfizika, Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.</p>   |                |   |                    |                   |           |                            |

|  |  |                    |          |                        |                        |                |
|--|--|--------------------|----------|------------------------|------------------------|----------------|
| A tantárgy neve:   | <b>Nukleáris mérés technika laboratórium</b> |                    |          | Kódja:                 | <b>TTFBL0213</b>       |                |
| Kötelező előtanulmány:   | (p) Nukleáris mérés technika                 |                    |          | Kódja:                 | (p) TTFBE0213          |                |
| Típus  | Heti óraszámok                               |                    |          | Követelmény            | Kredit                 | Oktatás nyelve |
|  | Előadás                                      | Gyakorlat          | Labor    |                        |                        |                |
| Nappali  | <b>0</b>                                     | <b>0</b>           | <b>1</b> | <b>gyakorlati jegy</b> | <b>1</b>               | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató   | neve:  | <b>Papp Zoltán</b> |          | beosztása              | <b>egyetemi docens</b> |                |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• megismerjenek olyan laboratóriumi kísérleti eszközöket és módszereket, melyek alkalmasak radioaktív sugárforrások sugárzásának mérésére, tanulmányozására;</li> <li>• ismerjék meg az alkalmazott eszközök és módszerek használatához szükséges legfontosabb szakmai fogalmakat és mennyiségeket;</li> <li>• képessé váljanak annak helyes megítélésére, hogy az általuk megismert eszközök és módszerek milyen kísérleti feladatok megoldásához használhatók;</li> <li>• szerezzenek önálló gyakorlati tapasztalatot az eszközök és módszerek használatában.</li> </ul>       |  |                    |          |                        |                        |                |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>Alfa-sugárzás levegőbeli hatótávolságának és energiájának meghatározása változtatható nyomású mérőkamra és szcintillációs számláló segítségével. Béta-sugárzás önabszorpciójának vizsgálata végeblakos Geiger-Müller számlálóval. Béta-sugárzás anyagról való visszaszóródásának tanulmányozása Geiger-Müller számlálóval. Béta-sugárzás hatótávolságának és energiájának meghatározása abszorpciós görbe mérés alapján.</p> <p>Az összesen 4 db fenti témájú mérési gyakorlat időszükségele egyenként 4 óra, a gyakorlatok ezért 4 db 4 órás tömbben vannak megtartva a szorgalmi időszak 4 egymást követő hetében.</p> |  |                    |          |                        |                        |                |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b></p> <p>Daróczy Sándor et al.: Fizikai Gyakorlatok, Radioaktív labor, KLTE TTK Kísérleti Fizikai Tanszék (házi jegyzet), 1973.</p> <p>Szalay Sándor, Fizikai gyakorlatok III. kötet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1978.</p>   |  |                    |          |                        |                        |                |

|  |                           |                   |          |                             |                       |                |
|--|---------------------------|-------------------|----------|-----------------------------|-----------------------|----------------|
| A tantárgy neve:   | <b>Programozás</b>        |                   |          | Kódja:                      | <b>TTFBE0210</b>      |                |
| Kötelező előtanulmány:   | (k) Programozás gyakorlat |                   |          | Kódja:                      | (k) TTFBG0210         |                |
| Típus  | Heti óraszámok            |                   |          | Követelmény                 | Kredit                | Oktatás nyelve |
|  | Előadás                   | Gyakorlat         | Labor    |                             |                       |                |
| Nappali  | <b>2</b>                  | <b>0</b>          | <b>0</b> | <b>aláírás + kollokvium</b> | <b>2</b>              | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató   | neve:                     | <b>Kun Ferenc</b> |          | beosztása                   | <b>egyetemi tanár</b> |                |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. elsajátítsák és képesek legyenek alkalmazni az algoritmikus gondolkodás módszertanát problémák megoldására.</li> <li>2. megismerjék a C, mint magas szintű programozási nyelv alapvető eszköztárát, nyelvi elemeit, és a programfejlesztés lépéseit.</li> <li>3. megismerjék a számítógépes adatszerkezetek elemeit, az adattípusok számítógépes ábrázolását és megvalósításukat C nyelven.</li> <li>4. elsajátítsák és hatékonyan alkalmazzák a függvény-orientált programszerkesztés módszerét, képesek legyenek önálló programfejlesztésre.</li> </ol> |                           |                   |          |                             |                       |                |

## A kurzus tartalma, témakörei

Programozási nyelvek: gépkód, assembly és magas szintű programozási nyelvek jellemzői, a C mint magas szintű programozási nyelv. A programfejlesztés lépései, forráskód, fordítóprogram, futtatható állomány. A fordító és értelmezős (interpreter) programfejlesztés előnyei és hátrányai. Hibafajták, szintaktikai és szemantikai hibák és elhárításuk.

Az algoritmikus gondolkodás alapjai, az algoritmus fogalma, algoritmusok specifikációjának lépései. Legfontosabb algoritmusok: legnagyobb, legkisebb elem kiválasztása, második legnagyobb elem kiválasztása, rendezési algoritmusok, beszűrés rendezett listába lineáris és bináris kereséssel, rendezett listák összefűzése. Algoritmusok hatékonysága.

Adatszerkezetek és számábrázolás. Előjel nélküli és előjeles egészek ábrázolása, fixpontos számábrázolás, valós számok lebegőpontos ábrázolása, karakterek ASCII ábrázolása. Adattípus értéktartománya és a számábrázolás pontossága, a pontosság növelésének lehetőségei.

A C program felépítése, strukturált programozás. Fejléc állományok. A C adattípusai, változók deklarációja, inicializálása. A standard input-output függvényei. Nevesített konstansok. Aritmetikai, inkrementáló és dekrementáló operátorok és kifejezések. A matematika könyvtári függvényei. Kifejezések kiértékelése C-ben.

Vezérlési szerkezetek, a programvégrehajtás elágaztatása, feltételes utasítások. Ciklusszervezés, elől és hátul tesztelő ciklusutasítások. A tömb, mint származtatott adattípus. Tömb kezelése ciklusutasításokkal. Az állománykezelés alapjai, írás állományba, olvasás állományból.

Logikai operátorok, logikai kifejezések. Magas és bitszintű logikai operátorok. Műveletek bitszinten, bit értékének kiolvasása és bit beállítása nulla, illetve egy értékre. Maszk készítése logikai operátorokkal bitműveletekhez.

Függvények definíciója és deklarációja. A C függvények általános felépítése. Érték és cím szerinti paraméterátadás függvénynek. Függvény hívása. Visszatérési érték nélküli függvények, eljárások.

### Kötelező olvasmány:

Benkő Tiborné, Benkő László, Tóth Bertalan, *Programozzunk C nyelven!* (Computer Books, 2005).

### Ajánlott szakirodalom:

B. W. Kernigan and D. M. Ritchie, *A C programozási nyelv* (Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2003).

|                        |                              |                   |          |                                      |                       |                |
|------------------------|------------------------------|-------------------|----------|--------------------------------------|-----------------------|----------------|
| A tantárgy neve:       | <b>Programozás gyakorlat</b> |                   |          | Kódja:                               | <b>TTFBG0210</b>      |                |
| Kötelező előtanulmány: | (p) Programozás              |                   |          | Kódja:                               | (p) TTFBE0210         |                |
| Típus                  | Heti óraszámok               |                   |          | Követelmény                          | Kredit                | Oktatás nyelve |
|                        | Előadás                      | Gyakorlat         | Labor    |                                      |                       |                |
| Nappali                | <b>0</b>                     | <b>2</b>          | <b>0</b> | <b>aláírás +<br/>gyakorlati jegy</b> | <b>2</b>              | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató | neve:                        | <b>Kun Ferenc</b> |          | beosztása                            | <b>egyetemi tanár</b> |                |

### A kurzus célja, hogy a hallgatók

1. képesek legyenek alkalmazni az algoritmikus gondolkodás módszertanát problémák megoldására.
2. elsajátítsák a C programozási nyelvet és a függvényorientált programfejlesztést.
3. jelentős mennyiségű tantermi és otthoni munka révén gyakorlatot szerezzenek a C nyelven történő programfejlesztésben.
4. felismerjék az algoritmizálható problémákat és képesek legyenek azok számítógépes megvalósítására C nyelven.

**A kurzus tartalma, témakörei**

A C nyelven történő programfejlesztés lépései, forráskód, fordítóprogram, futtatható állomány. Hibafajták, szintaktikai és szemantikai hibák és elhárításuk.

A C program felépítése, strukturált programozás. Fejléc állományok. A C adattípusai, változók deklarációja, inicializálása. A standard input-output függvényei. Nevesített konstansok. Aritmetikai, inkrementáló és dekrementáló operátorok és kifejezések. A matematika könyvtári függvényei. Kifejezések kiértékelése C-ben.

Vezérlési szerkezetek, a programvégrehajtás elágaztatása, feltételes utasítások. Ciklusszervezés, elől és hátul tesztelő ciklusutasítások. A tömb, mint származtatott adattípus. Tömb kezelése ciklusutasításokkal. Az állománykezelés alapjai, írás állományba, olvasás állományból.

Legfontosabb algoritmusok programozása: legnagyobb, legkisebb elem kiválasztása, második legnagyobb elem kiválasztása, rendezési algoritmusok, beszűrés rendezett listába lineáris és bináris kereséssel, rendezett listák összefűzése. Algoritmusok hatékonysága elemzése a programban.

Logikai operátorok, logikai kifejezések. Magas és bitszintű logikai operátorok. Műveletek bitszinten, bit értékének kiolvasása és bit beállítása nulla, illetve egy értékre. Maszk készítése logikai operátorokkal bitműveletekhez.

Függvények definíciója és deklarációja. A C függvények általános felépítése. Érték szerinti paraméterátadás függvénynek. Függvény hívása. Visszatérési érték nélküli függvények, eljárások.

**Kötelező olvasmány:**

Benkő Tiborné, Benkő László, Tóth Bertalan, *Programozunk C nyelven!* (Computer Books, 2005).

**Ajánlott szakirodalom:**

B. W. Kernigan and D. M. Ritchie, *A C programozási nyelv* (Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2003).

|   |                |   |                                   |                             |           |                        |
|---|----------------|---|-----------------------------------|-----------------------------|-----------|------------------------|
| A tantárgy neve:  |                | <b>Számítógépes mérés- és folyamatirányítás</b> |                                   |                             | Kódja:    | <b>TTFBE0211</b>       |
| Kötelező előtanulmány:  |                | (p) Bevezetés az elektronikába                  |                                   |                             | Kódja:    | (p) TTFBE0120          |
| Típus   | Heti óraszámok |   |                                   | Követelmény                 | Kredit    | Oktatás nyelve         |
|   | Előadás        | Gyakorlat                                       | Labor                             |                             |           |                        |
| Nappali   | <b>2</b>       | <b>0</b>  | <b>0</b>                          | <b>aláírás + kollokvium</b> | <b>3</b>  | <b>magyar</b>          |
| Tantárgyfelelős oktató  |                | neve:   | <b>Váradiné dr. Szarka Angéla</b> |                             | beosztása | <b>egyetemi docens</b> |
| <b>A kurzus célja</b> , hogy a hallgatók  |                |   |                                   |                             |           |                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- megismerjék a digitális méréstechnika elméleti alapjait</li> <li>- alkalmazás szintű ismeretet szerezzenek a digitális méréstechnika méréselméleti területein</li> <li>- megismerjék a számítógépes mérő- és folyamatirányító rendszerek architektúráit, felépítését, elemeit</li> <li>- megismerjék a számítógéppel vezérelt mérő- és folyamatirányító rendszerek alkalmazási lehetőségeit és jellemzőit.</li> </ul>  |                |   |                                   |                             |           |                        |
| <b>A kurzus tartalma, témakörei</b>   |                |   |                                   |                             |           |                        |
| <p>A számítógépes mérő- és folyamatirányító rendszerek felépítéséhez szükséges elektronikai alapok ismételése. Méréselméleti alapok ismételése. Számítógépes mérések alapjai. Számítógépes mérő- és folyamatirányító rendszerek architektúrái. Szabványos protokollok a számítógépes mérő- és folyamatirányító rendszerekben. Analóg jelek digitalizálása, mintavételezés, kvantálás, kvantálási hiba számítása. Az analóg jelek digitalizálásának eszközei: S/H áramkör jellemzői, D/A és A/D átalakítók. Számítógéppel vezérelt mérőrendszer felépítése. Szimultán és multiplexelt mintavételezők. Analóg jelkondicionáló, jelfeldolgozó, multiplexerek. Multifunkciós mérésadatgyűjtők jellemzői, alkalmazása. Analóg bemenet, analóg kimenet, digitális kapuk, számláló/időzítő egység alkalmazása. Mintavételezési módszerek, meghatározott időtartományú mintavételezés és folyamatos mintavételezés jellemzői. Adatátvitel vezérlési módszerek. Mintavételezett jelek feldolgozása idő- és frekvenciatartományban. Ablakozás, aliasing jelenség.</p> |                |   |                                   |                             |           |                        |
| <b>Kötelező olvasmány:</b>  |                |   |                                   |                             |           |                        |
| MCC: Data Acquisition Handbook; <a href="http://www.mccdaq.com/support/Data-Acquisition-Handbook.aspx">http://www.mccdaq.com/support/Data-Acquisition-Handbook.aspx</a>   |                |   |                                   |                             |           |                        |
| Ajánlott szakirodalom:  |                |   |                                   |                             |           |                        |
| 1. National Instruments: DAQ and Instrument Control Fundamentals, <a href="http://www.ni.com/white-paper/3214/en">http://www.ni.com/white-paper/3214/en</a>   |                |   |                                   |                             |           |                        |
| 2. National Instruments: Measurement Fundamentals, <a href="http://www.ni.com/white-paper/4523/en">http://www.ni.com/white-paper/4523/en</a>  |                |   |                                   |                             |           |                        |

|   |                |  |                    |                                  |                           |                |
|---|----------------|--|--------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------|
| A tantárgy neve:  |                | <b>Számítógépes mérés és folyamatirányítás gyakorlat</b> |                    | Kódja:                           | <b>TTFBL0211</b>          |                |
| Kötelező előtanulmány:  |                | Számítógépes mérés és folyamatirányítás                  |                    | Kódja:                           | TTFBE0211                 |                |
| Típus   | Heti óraszámok |  |                    | Követelmény                      | Kredit                    | Oktatás nyelve |
|   | Előadás        | Gyakorlat  | Labor              |                                  |                           |                |
| Nappali   | <b>0</b>       | <b>0</b>   | <b>4</b>           | <b>aláírás + gyakorlati jegy</b> | <b>3</b>                  | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató  |                | neve:  | <b>Oláh László</b> | beosztása                        | <b>egyetemi adjunktus</b> |                |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók az előzmény mérés és folyamatirányítás tanulmányaik során szerzett ismereteke alapozva a számítógépes mérő- és folyamatirányító rendszerek működési elveinek ismeretét elmélyítsék és programozási módszereinek alkalmazását a gyakorlatban megismerjék az ipari szabvánnyá vált LabVIEW programozási környezetben.</p>  |                |  |                    |                                  |                           |                |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>A LabVIEW használatának alapjai: Virtuális műszerek (VI-k, SubVI-k létrehozása, szerkesztés, nyomkövetés. Ciklusok, tömbök, grafikonok, objektumcsoportok (cluster) létrehozása, hullámforma és XY grafikonok, Case” és sorrendi struktúrák, képlet és kifejezések használata, String műveletek, Fájl írás és olvasás. Mérési adatfeldolgozás.</p> <p>Mérés-adatgyűjtés és hullámformák (az adatgyűjtés alapjai, mérés-adatgyűjtő VI-k a LabVIEW-ban, analóg bemenet használata, DAQ Wizard (segéd), hullámforma adatok analízise, eredmények fájlba írása, analóg kimenetek illetve digitális ki/bemenetek használata, számlálók.</p> <p>Számítógépes adatfeldolgozási feladatok megoldása LabVIEW környezetben.</p> |                |  |                    |                                  |                           |                |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b></p> <p>A gyakorlatok részletes feladatait “Dr. Sudár Sándor,Dr. Oláh László Dr. Zilizi Gyula LabVIEW gyakorlatok” c. kiadványa tartalmazza, amelyet a hallgatók pdf file formátumban megkapnak.</p> <p>Ajánlott szakirodalom:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dr. Ajtony I., Dr. Gyuricza I.: Programozható irányítóberendezések, hálózatok és rendszerek, Műszaki Könyvkiadó, 2002</li> <li>2. LabVIEW User Manual, National Instruments, 2009</li> <li>3. LabView Measurement Manual, National Instruments, 2009</li> </ol>   |                |  |                    |                                  |                           |                |

|  |                |                                     |                      |                   |                        |                |
|--|----------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------|------------------------|----------------|
| A tantárgy neve:   |                | <b>Vákuumfizika, vákuumtechnika</b> |                      | Kódja:            | <b>TFBE0409</b>        |                |
| Kötelező előtanulmány:   |                | Hőtan<br>Elektromágnesség           |                      | Kódja:            | TTFBE0102<br>TTFBE0105 |                |
| Típus  | Heti óraszámok |                                     |                      | Követelmény       | Kredit                 | Oktatás nyelve |
|  | Előadás        | Gyakorlat                           | Labor                |                   |                        |                |
| Nappali  | <b>2</b>       | <b>0</b>                            | <b>0</b>             | <b>kollokvium</b> | <b>3</b>               | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:                               | <b>Daróczy Lajos</b> | beosztása         | <b>egyetemi docens</b> |                |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók megismerjék az alacsony nyomású gázokban lejátszódó jelenségeket és ezek leírását a kinetikus gázelmélet alapján</p> <p>ismerjék meg a gázok és kondenzált anyagok határfelületén végbemenő legfontosabb jelenségeket</p> <p>megismerjék a gázok áramlását leíró mennyiségeket és törvényszerűségeket különböző nyomástartományokban</p> <p>ismerjék meg a különböző vákuumszivattyúk működési elvét, felépítését és üzemeltetését</p> <p>ismerjék a különböző vákuummérők működési elvét, felépítését és üzemeltetését</p> <p>ismerjék a vákuumtechnikában használatos alkatrészek, szerkezeti anyagok, tömítőanyagok, kenőanyagok, hajtóközegek tulajdonságait és alkalmazásuk szabályait</p> <p>ismerjék meg a vákuumtechnikához kapcsolódó legfontosabb mérési eljárásokat, technológiákat (tömegspektroszkópia, vékonyrétegek előállítás)</p> <p>ismerjék meg a témakör alapvető szakirodalmát</p> |                |                                     |                      |                   |                        |                |

### **A kurzus tartalma, témakörei**

A vákuumfizika szerepe és jelentősége, fejlődéstörténete, a vákuumtechnikában használatos fizikai mennyiségek, a kinetikus gázelmélet alapjai, átlagos szabad úthossz, sebességeloszlások, részecskeáram, térfogati áram fogalma, transzportjelenségek: diffúzió, belső súrlódás (viszkózitás), belső súrlódás kis és nagy nyomások esetében, hővezetés, hővezetés különböző nyomástartományokban, áramlások típusai: viszkózus (kontinuum) áramlás, molekuláris áramlás, átmeneti tartomány, áramlások csöveken és diafragmákon, áramlási ellenállás, vezetőképesség, szívósebesség, recipiens leszívási idejének számítása, felületi jelenségek: párolgás, adszorpció, deszorpció, abszorpció, permeáció, liofilizálás, gáztöltésű izzólámpák, vákuummérők: a nyomás fogalma és mértékegységei, a nyomásmérők csoportosítása, mechanikus vákuummérők, hővezetésen alapuló vákuummérők, ionizációs vákuummérők, vákuummérők hitelesítése, nyomásstandardok, tömegspektrométerek: mágneses, kvadrupol, repülési idő tömegspektrométerek, lyukkeresés vákuumszivattyúk: mechanikus térfogat kiszorításos szivattyúk, turbomolekuláris szivattyúk, hajtóközegek szivattyúk: víz és gőzsugár szivattyúk, diffúziós szivattyúk, gázmegkötő szivattyúk: getter, ion-getter, szorpciós és krioszivattyúk, a vákuumtechnika szerkezeti anyagai, tömítőanyagok, tömítések, a vákuumhelyes konstrukciók alapelvei, kenőanyagok, hajtóközegek, vékonyréteg-technikák: vákuumgőzölés, katódporlasztás, molekulasugaras epitaxia, kémiai rétegleválasztási technikák, vákuumrendszerek: szivattyúk, vákuummérők szelepek és védelmi berendezések összeépítése

### **Kötelező olvasmány:**

Bohátka Sándor-Langer Gábor: Vákuumtechnika gyakorlati alapjai oktatási anyag

Ajánlott szakirodalom:

Bohátka S.: Vákuumfizika és –technika, Eötvös Loránd Fizikai Társulat, Budapest, 2008

Bánhalmi J.: Vákuumfizika, Tankönyvkiadó, Budapest, 1983.

Kanczler Ödön: Vákuumtechnika, Tankönyvkiadó, 1975.

**Szabadon választható tárgyak**

|   |                          |                    |          |                   |                        |                |
|---|--------------------------|--------------------|----------|-------------------|------------------------|----------------|
| A tantárgy neve:  | <b>Környezetfizika 2</b> |                    |          | Kódja:            | <b>TTFBE0222</b>       |                |
| Kötelező előtanulmány:  | Környezetfizika 1        |                    |          | Kódja:            | TTFBE0206              |                |
| Típus   | Heti óraszámok           |                    |          | Követelmény       | Kredit                 | Oktatás nyelve |
|   | Előadás                  | Gyakorlat          | Labor    |                   |                        |                |
| Nappali   | <b>2</b>                 | <b>0</b>           | <b>0</b> | <b>kollokvium</b> | <b>3</b>               | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató  | neve:                    | <b>Papp Zoltán</b> |          | beosztása         | <b>egyetemi docens</b> |                |
| <p><b>A kurzus célja</b>, hogy a hallgatók</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• részletes betekintést nyerjenek három fontos, speciális, a környezet fizikájának részét képező tématerület (környezeti radioaktivitás és ionizáló sugárzások, az élő természet környezeti fizikája, az emberi tevékenységek környezeti-fizikai következményei) ismereteibe;</li> <li>• képessé váljanak annak felismerésére, hogy a tárgyalt területeken a fizika mely törvényei nyilvánulnak meg, milyen módon és mértékben;</li> <li>• ismerjék meg a tárgyalt területek jelenségeinek leírásában használt legfontosabb fogalmakat és mennyiségeket;</li> <li>• ismerjék meg a tárgyalt területek jelenségeinek vizsgálatában használatos néhány módszer alapelvét.</li> </ul>  |                          |                    |          |                   |                        |                |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>A környezetben megtalálható radionuklidok osztályozása. Természetes radionuklidok mennyisége, környezeti eloszlása (ősi radionuklidok, természetes bomlási sorok, radon, hasadási termékek, kozmogén radionuklidok, radiometrikus kormeghatározás, ember által átrendezett természetes radioaktivitás). Mesterséges radionuklidok mennyisége, környezeti eloszlása (előállításuk módja, előfordulásuk technológiai folyamatokban, nukleáris fegyverkezés és atomenergetikai ipar környezetszennyező hatása, balesetek). Nem radioaktivitásból származó ionizáló sugárzások (kozmosz sugárzás, röntgensugárzás). Ionizáló sugárzások környezeti hatásai (kölcsonhatásuk az anyaggal, radioaktív hő, biológiai hatások, dozimetriai fogalmak és mennyiségek, az ember által kapott dózis).</p> <p>Az élet a fizika nézőpontjából. Az élet keletkezésének fizikai feltételei. Az élő anyag fizikai szerkezete (biomolekulák homokiralitása, belső anyagmozgás, elektromosság, energia, entrópia, információ). Az élőlény-egyedek testének fizikája (mechanika, energia-háztartás, termikus jelenségek, elektromos, mágneses és optikai tulajdonságok, érzékelés és kommunikáció). A környezet fizikai hatásai az élőlényekre. Élőlények nagyobb csoportjainak, illetve az élővilág egészének fizikai hatásai a környezetre, a Gaia-elmélet fizikai vonatkozásai.</p> <p>Az emberi tevékenységek fizikai jellegű hatásai a környezetre és az emberre (ipari és mezőgazdasági termelés, egyéb társadalmi tevékenységek, az épített és technikai környezet fizikája, egészségi kockázatok, hatások a légkörben, a vizekben, a szárazföldi felszínen, az élővilágban és a mesterséges környezetben).</p> |                          |                    |          |                   |                        |                |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b></p> <p>Papp Zoltán: Bevezetés a környezetfizikába, kézirat, 2017.</p> <p>Ajánlott szakirodalom:</p> <p>Sós Katalin (szerk.): Környezetfizika, Egyetemi tankönyv, SZEK JGYF Kiadó, Szeged, 2016.</p> <p>Kiss Árpád Zoltán (szerk.): Fejezetek a környezetfizikából, kézirat, DE TTK – MTA ATOMKI Környezetfizikai Tanszék, Debrecen, 2003.</p> <p>Kiss Ádám, Tasnádi Péter: Környezetfizika, Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar, Typotex Kiadó, Budapest, 2012.</p> <p>Dr. Kedves Ferenc: Fizika az élővilágban, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1998.</p> <p>Ujfaludi László: A környezeti problémák természettudományos alapjai (környezetfizika), Heves Megyei Önkormányzat Pedagógiai Intézete, Eger, 1999.</p>   |                          |                    |          |                   |                        |                |

|                        |  |        |                            |
|------------------------|--|--------|----------------------------|
| A tantárgy neve:       | <b>Mechanika 3</b>                       | Kódja: | <b>TTFBE0223</b>           |
| Kötelező előtanulmány: | Mechanika 2<br>(k) Mechanika 3 gyakorlat | Kódja: | TTFBE0104<br>(k) TTFBG0223 |

| Típus  | Heti óraszámok |           |               | Követelmény | Kredit    | Oktatás nyelve |
|--|----------------|-----------|---------------|-------------|-----------|----------------|
|  | Előadás        | Gyakorlat | Labor         |             |           |                |
| Nappali  | 0              | 2         | 0             | kollokvium  | 3         | magyar         |
| Tantárgyfelelős oktató   |                | neve:     | Sailer Kornél |             | beosztása | Prof. emeritus |
| <p><b>A kurzus célja,</b> hogy a hallgatók</p> <p>A hallgatók korábban megszerzett mechanika-ismereteikre alapozva azokat bővítsék a merevtestek és közegek mozgására vonatkozóan;</p> <p>megismerjék a mechanikai mozgás nem inerciális vonatkoztatási rendszerekben érvényes törvényeit;</p> <p>megismerjék és egyszerű esetekben alkalmazni tudják a merevtestek mechanikájának törvényeit;</p> <p>megismerjék és egyszerű esetekben alkalmazni tudják a rugalmas közegek sztatikájának és a rugalmas hullámok terjedésének törvényeit;</p> <p>megismerjék a folyadékok és gázok sztatikájának, a hidrosztatikának és dinamikájának, a hidrodinamikának a legfontosabb törvényeit és azokat a legegyszerűbb esetekben tudják alkalmazni.</p>  |                |           |               |             |           |                |
| <p><b>A kurzus tartalma, témakörei</b></p> <p>Tömegpont mozgása nem inerciális vonatkoztatási rendszerekben, tehetetlenségi erők.</p> <p>Merevtest fogalma, mozgásának leírása laboratóriumi és merevtesthez rögzített vonatkoztatási rendszerben, a szögsebesség fogalma. Merevtest impulzusa, impulzusmomentuma, tehetetlenségi nyomatéka és kinetikus energiája. Merevtest egyensúlya, mozgásegyenletei, Euler-egyenletek. A merevtest mozgására vonatkozó munkatétel. Fizikai inga, pörgettyűk, csúszásmentes és csúszó gördülés.</p> <p>Kisrezgések, normálrezgések. Rugalmasan deformálható közeg mozgásának jellemzői (deformáció és mechanikai feszültség), rugalmasan deformálható közegek mozgásegyenletei, az anyag egyenletek (általánosított Hook-törvény) és rugalmasan deformált közeg potenciális energiája. Sztatikus rugalmas deformáció egyszerű esetei. Rugalmas síkhullámok végtelen kiterjedésű homogén közegben, a hullámegyenlet d'Alembert-féle és Fourier-féle megoldása. Hullámterjedés véges közegben, határfeltételek, állóhullámok.</p> <p>Folyadékok áramlásának fizikai jellemzői (folyadékelem, sűrűségmező, sebességmező, nyomásmező, áramvonal, örvénymező, cirkuláció), fizikai mennyiség állandósága folyadékelemen és áramvonal mentén. Az anyagmegmaradás lokális törvénye, kontinuitási egyenlet. A folyadékok és az áramlások osztályozása. Hidrosztatika, Pascal törvénye, hidrosztatikai nyomás, barometrikus magasságképlet. Ideális összenyomhatatlan folyadékok áramlása, a hidrodinamika Euler-egyenlete, Bernoulli törvénye.</p> |                |           |               |             |           |                |
| <p><b>Kötelező olvasmány:</b></p> <p>Sailer Kornél: Bevezetés a mechanikába II. Merevtestek és folytonos közegek (elektronikus jegyzet <a href="http://www.phys.unideb.hu/dtp/">http://www.phys.unideb.hu/dtp/</a> honlapon Oktatás, Jegyzetek címszó alatt)</p> <p>Sailer Kornél: Mechanika 2 gyakorlat (elektronikus oktatási segédanyag <a href="http://www.phys.unideb.hu/dtp/">http://www.phys.unideb.hu/dtp/</a> honlapon Oktatás, Előadások anyaga címszó alatt)</p> <p>Ajánlott szakirodalom:</p> <p>Budó Ágoston: Mechanika, Tankönyvkiadó, 1972</p>  |                |           |               |             |           |                |

| A tantárgy neve:  |                | <b>Mechanika 3 gyakorlat</b> |               |                           | Kódja:    | <b>TTFBG0223</b> |
|---|----------------|------------------------------|---------------|---------------------------|-----------|------------------|
| Kötelező előtanulmány:  |                | (p) Mechanika 3 előadás      |               |                           | Kódja:    | (p) TTFBE0223    |
| Típus   | Heti óraszámok |                              |               | Követelmény               | Kredit    | Oktatás nyelve   |
|   | Előadás        | Gyakorlat                    | Labor         |                           |           |                  |
| Nappali   | 0              | 2                            | 0             | aláírás + gyakorlati jegy | 2         | magyar           |
| Tantárgyfelelős oktató  |                | neve:                        | Sailer Kornél |                           | beosztása | Prof. emeritus   |
| <p><b>A kurzus célja,</b> hogy a hallgatók</p> <p>elmélyítsék ismereteiket a mechanika törvényeinek olyan, bonyolult rendszerekre történő alkalmazása területén, mint a merevtestek, a rugalmasan deformálható közegek és folyadékok és gázok mozgása;</p> <p>gyakorolják a fenti rendszerekre vonatkozó fogalmak és törvények használatát feladatok megoldására;</p> <p>fejlesszék feladatmegoldó készségüket.</p> |                |                              |               |                           |           |                  |

**A kurzus tartalma, témakörei**

Feladatok megoldása tehetetlenségi erők használatával. Merevtestek tömegközéppontjának és tehetetlenségi nyomatékának számítással történő meghatározása. Példák merevtesteket különböző vonatkoztatási rendszerekben jellemző mennyiségek közti kapcsolatok megkeresésére. Fizikai inga mozgása. Példa csúszásmentes gördülésre.

Példák merevtest szabad mozgásának leírására. Tengely körül forgó merevtest energiájának, tengelyének megtartásához szükséges forgatónyomaték meghatározása. Kisrezgések és normálrezgések meghatározása. Feladatok az elmozdulás-vektormező és a deformációs tenzor közötti kapcsolat alkalmazására. Homogén izotróp rugalmas közegben feszültség meghatározása deformációból és fordítva. A rugalmasság törvényeinek alkalmazása sztatikus deformációk egyszerűbb speciális eseteire. Rugalmas hullámokat jellemző fizikai mennyiségek hely- és időfüggésének meghatározása. Feladatok a hidrosztatika törvényeinek alkalmazására. Példák inkompresszibilis ideális folyadék stacionárius áramlására.

**Kötelező olvasmány:**

Sailer Kornél: Bevezetés a mechanikába II. Merevtestek és folytonos közegek (elektronikus jegyzet <http://www.phys.unideb.hu/dtp/> honlapon Oktatás, Jegyzetek címszó alatt)

Sailer Kornél: Mechanika 2 gyakorlat (elektronikus oktatási segédanyag <http://www.phys.unideb.hu/dtp/> honlapon

Oktatás, Előadások anyaga címszó alatt)

Ajánlott szakirodalom:

Budó Ágoston: Mechanika, Tankönyvkiadó, 1972

|                        |                |   |                          |                             |           |                                     |
|------------------------|----------------|---|--------------------------|-----------------------------|-----------|-------------------------------------|
| A tantárgy neve:       |                | <b>Modern optika</b>                                |                          |                             | Kódja:    | <b>TFBE0406</b>                     |
| Kötelező előtanulmány: |                | Optika<br>Elektrodinamika<br>Atom- és kvantumfizika |                          |                             | Kódja:    | TTFBE0103<br>TTFBE0108<br>TTFBE0107 |
| Típus                  | Heti óraszámok |   |                          | Követelmény                 | Kredit    | Oktatás nyelve                      |
|                        | Előadás        | Gyakorlat   | Labor                    |                             |           |                                     |
| Nappali                | <b>2</b>       | <b>0</b>  | <b>0</b>                 | <b>Aláírás + kollokvium</b> | <b>3</b>  | <b>magyar</b>                       |
| Tantárgyfelelős oktató |                | neve:   | <b>Csarnovics István</b> |                             | beosztása | <b>egyetemi adjunktus</b>           |

**A kurzus célja, hogy a hallgatók**

- korábbi fizika alapozó tanulmányaikban (optika, elektrodinamika, atom- és kvantumfizika) megszerzett ismereteiket bővítsék az általános hullámtervezés, valamint a fény- és anyag kölcsönhatás elméletében, gyakorlati alkalmazási lehetőségeiben;
- elsajátítsák a hullámok és kölcsönhatásaik leírásának korszerű matematikai módszereit: Fourier-transzformáció, konvolúció, korreláció;
- megismerjék a leképezés általános hullámelméletét, a holográfia elvét és alkalmazásait;
- elmélyítsék ismereteiket az elektromágneses hullámok fizikai tulajdonságaiban;
- a lézerek révén kiszélesedjék és megerősödjék kvantumfizikai szemléletük;
- megismerjék a lineáris és nem-lineáris optikai jelenségeket, alkalmazásokat a fénynek elektromos és mágneses mezőkkel valamint anyaggal való kölcsönhatásaiban;
- a száloptika és a hullámjelenségek segítségével megérezzék az optika-informatika kapcsolatot, valamint az analóg és digitális adatfeldolgozás összefüggéseit.

**A kurzus tartalma, témakörei**

Hullámfüggvény, hullámegyenlet, jellemző mennyiségek. Az elektromágneses spektrum. A fény keletkezése, terjedése. Hullámok szuperpozíciója, az interferencia feltételei. Intenzitáseloszlás. Kísérleti megvalósítás. Koherencia. Interferométerek és alkalmazásaik térbeli-időbeli frekvenciák analízisére; leírás Fourier-transzformáció segítségével. A kvantumfizika és optika összefüggései, a fény kettős természete.

A leképezés hullámoptikai modellje. Diffrakció. A tárgyfüggvény, elhajlás és kép Fourier-transzformációs kapcsolatai. A hullámhossz szerepe. Intenzitáseloszlás különféle alakú és kapcsolatos akadályok/nyílások esetén. Spektroszkópiai alkalmazások.

A holográfia mint a teljes 3D információ rögzítésének módszere. A hullámfront-rekonstrukció elve sík-, gömb- és általános hullámokkal. Visszaállítás referencia- és tárgyhullámmal. A leképezés minősége. A hologram információtartalma. A megvalósítás kísérleti elrendezései. Vékony és vastag hologramok tulajdonságai.

Holografikus interferometria. Optikai adatfeldolgozás. Holografikus optikai elemek.

Fénydetektálás a fotonok és anyag kölcsönhatásainak felhasználásával. Detektorok működési paraméterei. Fotoemissziós, félvezető, termikus, akusztikus eljárások. Helyérzékeny detektorok.

Fény anyagban és elektromágneses mezőben. Kölcsönhatások. Lineáris jelenségek: piroelektromosság, optikai aktivitás, Pockels-, Kerr-, Faraday-effektus. A nem-lineáris kölcsönhatások okai és általános jellemzői. Felharmónikus-keltés, optikai keverés, intenzitásfüggő törésmutató; nem-lineáris szórások; négy-hullám keverés. Fáziskonjugálás.

Indukált emisszió, lézerek. Sugárzási terek és atomi rendszerek kölcsönhatásai. A fényerősítés, oszcilláció fizikai és technikai feltételei. Műszaki megvalósítás: gáz-, gőz-, ion-, molekula-, átlátszó szilárdtest- és félvezető-lézerek. Különleges megoldások: excimer, festék, szabadelektron, röntgen. Óriás impulzusok előállítás.

Száloptikai fénytovábbítás elvei, technikai megvalósításának feltételei. Fizikai jellemzők. Az anyag és a fényforrás tulajdonságainak összehangolása: csillapítás, diszperziók, impulzus kiszélesedés. Alkalmazások.

A lézerek felhasználási területei a fényforrás tulajdonságai alapján. Távolságmérés; méret- és helyzetmeghatározás; irányzás, sebességmérés, hangolható fényforrás, lézerspektroszkópia, mikroszkópia. Orvos-biológiai alkalmazások.

#### Kötelező olvasmány:

- 1) Erostyák J., Kürti J., Raics P., Sükösd Cs.: *Fizikai III. Fénytan. Relativitáselmélet. Atomhéjfizika. Atommagfizika. Rézecskefizika.* (Nemzeti Könyvkiadó, Budapest, 2006.)
- 2) A.Nussbaum, R.A.Phillips: *Modern optika mérnököknek és kutatóknak.* (Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.)
- 3) Raics P. Modern optika. (Jegyzet kéziratban: <http://falcon.phys.klte.hu/kisfiz/RAICS/F2409/00Bewvezet.doc>)
- 4) Ábrahám Gy. (szerk.): *Optika.* (Panem Kft - McGraw-Hill, 1997)

#### Ajánlott szakirodalom:

- 1) Budó Á., Mátrai T.: *Kísérleti Fizika III. Optika és atomfizika.* (Tankönyvkiadó Budapest. 1977; Nemzeti Tankönyvkiadó Bp., 1999.)
- 2) Szabó J., Raics P.: *Atomfizikai és optikai laboratóriumi gyakorlatok.* (KLTE Kísérleti Fizikai Tanszék, Debrecen, 1986) <http://falcon.phys.klte.hu/kisfiz/RAICS/F1503/OptLab1.doc> és Csarnovics I., Raics P., Süttő H., *Atomfizikai és optikai laboratóriumi gyakorlatok* (házi jegyzet, DE, 2016)
- 3) Füzessy Z.: *Optikai holográfia és holografikus interferometria.* (Nemzedékek Tudása Könyvkiadó, Bp, 2014.)

|                        |   |                       |          |                   |                        |                |
|------------------------|---|-----------------------|----------|-------------------|------------------------|----------------|
| A tantárgy neve:       | <b>Műszaki és orvosi képfeldolgozás</b> |                       |          | Kódja:            | <b>TTFBE0224</b>       |                |
| Kötelező előtanulmány: | Atom- és kvantumfizika                  |                       |          | Kódja:            | TTFBG0107              |                |
| Típus                  | Heti óraszámok                          |                       |          | Követelmény       | Kredit                 | Oktatás nyelve |
|                        | Előadás                                 | Gyakorlat             | Labor    |                   |                        |                |
| Nappali                | <b>2</b>                                | <b>0</b>              | <b>0</b> | <b>kollokvium</b> | <b>3</b>               | <b>magyar</b>  |
| Tantárgyfelelős oktató | neve:                                   | <b>Cserhádi Csaba</b> |          | beosztása         | <b>egyetemi docens</b> |                |

#### A kurzus célja, hogy a hallgatók

- Megismerjék a képmegmunkálás matematikai alapjait és gyakorlatát.
- Példákon keresztül megtanulják, hogyan nyerhetők ki a műszaki gyakorlatban előforduló képalkotó berendezések által szolgáltatott képekből minél több információ.
- Az orvosi és műszaki képalkotás elveinek és gyakorlati alkalmazásainak megismerése

**A kurzus tartalma, témakörei**

A látáselmélet alapjai. A digitális képek és a megjelenítésük alaptulajdonságai: formátumok, felbontás, kontraszt, színpaletták, gamma korrekció. 3D képmegjelenítési technikák: surface rendering, volume rendering, volume modelling. Aritmetikai operációk, ROI és VOI alapú statisztikai analízis. A képalkotó rendszerek ismertetése: röntgen készülék, CT, gamma kamera, SPECT, PET, MRI és funkcionális MRI, ultrahangos leképző berendezések, speciális mikroszkópos képalkotó technikák. Képek előállítása a képalkotó rendszerek primer adataiból: a 2D, 3D backprojekciós és iteratív képrekonstrukció algoritmusai. Képjavítás a frekvencia tartományban, Fourier-transzformáció, szűrés a Fourier-térben. Képfeldolgozás morfológiai alapon, szegmentálás. Képregisztráció. Alakfelismerés, statisztikus és szintetikus alakfelismerés, textúraelemzés

**Ajánlott szakirodalom:**

1. Richard A. Robb (ed.): Biomedical Imaging, Visualization, and Analysis. Wiley-Liss (1999)
2. Álló Géza, Hegedűs Gy. Csaba, Kelemen Dezső, Szabó József:
3. A digitális képfeldolgozás alapproblémái
4. Gácsi Zoltán, Sárközi Gábor, Réti Tamás, Kovács Jenő, Csepeli Zsolt, Mertinger Valéria: Sztereológia és képelemzés