

**Debreceni Egyetem  
Természettudományi és Technológiai Kar  
Matematikai Intézet**

## **OKLEVÉLKÖVETELMÉNYEK**

**MATEMATIKA**  
**ALAPKÉPZÉSI SZAK**  
(2018 kezdéssel)

# Matematika alapszak

Az alapképzési szak megnevezése: *matematika (Mathematics)*

Szakfelelős: *Dr. Gát György egyetemi tanár*

Szerezhető végzettségi szint és szakképzettség oklevélben szereplő megjelölése:

Végzettségi szint: *alapfokozat (BSc)*

Szakképzettség: *matematikus (Mathematician)*

## Képesítési követelmények

1. Összesen 180 kredit megszerzése az alábbiak szerint:

- |                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| • Közös matematika tárgyak      | 106 kredit |
| • Specializáció tárgyak*        | 45 kredit  |
| • Fizika és közismereti tárgyak | 10 kredit  |
| • Szakdolgozat                  | 10 kredit  |
| • Szabadon választható tárgyak  | 9 kredit   |

2. Államilag elismert legalább középfokú komplex típusú nyelvvizsga

3. Testnevelési követelmények teljesítése (két félév kötelező)

\*: A matematikus specializáción ebből 5 kredit szakmai választható tárgy.

**Specializációválasztás:** A matematika BSc szakos hallgatók a 2. félév végén választanak specializációt. A választható specializációk: alkalmazott matematikus és matematikus. Az egyes specializációk indításáról a Matematikai Intézet a jelentkezők számától függően dönthet. A jelentkezések elbírálására a 3. félév megkezdése előtt kerül sor, ekkortól kezdve a hallgató az engedélyezett specializációnak megfelelően vehet fel tantárgyakat.

Specializációt csak akkor választhat a hallgató, ha sikeresen teljesítette a Matematikai alapoás című kritériumtárgyat (tárgykód: TTMBG0001).

**Szabadon választható tárgyak:** A matematika BSc szakon 9 kredit szabadon választható tárgy teljesítendő.

Szabadon választható tárgyak a másik specializáció közös résztől különböző tárgyai, valamint a DE egyéb szakjain meghirdetett nem matematikai tárgyak (például szaknyelvi félév). Ide számolhatóak el továbbá a saját szakirány túlteljesített tárgyai. Ebben az esetben fontos, hogy minden tantárgy teljes kreditmennyiséggel és csak egyetlen tárgycsoportba sorolható be.

**Szakdolgozat:** A hallgatóknak szakdolgozati témát a tanulmányaik várható befejezését megelőzően két félévvel, tipikusan a 4. félév végén kell választaniuk. Elkészítésére két félév áll rendelkezésre, az erre szolgáló Szakdolgozat 1. és 2. tárgyakat különböző félévekben kell teljesíteni. A szakdolgozat témavezető irányítása mellett készül, aki a Matematikai Intézet oktatója (külső témavezető engedélyezésére kizárólag indokolt esetben kerülhet sor).

Tartalmi szempontból új eredmény bemutatása nem elvárás, az önálló szakmai munka azonban igen. A dolgozat terjedelme kb. 20–40 gépelt oldal, megírására a LaTeX dokumentumszerkesztő rendszer használata támogatott. A dolgozat fedőlapja tartalmazza az intézmény nevét, a dolgozat címét, készítőjének nevét a szak feltüntetésével, a témavezető nevét és beosztását. A dolgozatban kifejtett téma részletes tárgyalása mellett elvárt részként tartalmaznia kell bevezetést, tartalom- és irodalomjegyzéket. A dolgozatot a záróvizsgán meg kell védeni.

**Záróvizsga:** A záróvizsga szóbeli vizsga, melyet a Matematikai Intézet igazgatója által kijelölt, a Természettudományi és Technológiai Kar vezetése által jóváhagyott záróvizsga bizottság előtt kell letenni. A záróvizsga két részből áll: szakmai felelet és szakdolgozat véde. A záróvizsga tételi a szak közös matematikai tárgyait és a hallgató specializációjának megfelelő kötelező tananyagot öleli fel. A vizsgázó a teljes tételsorból egy tételt húz, felkészülési időt követően ebből felel. Ezután a bizottság más témakörökből is tehet fel további kérdéseket. A bizottság külön jeggyel értékeli a szakmai feleletet, valamint a szakdolgozatot és a szakdolgozat védését.

**Diploma minősítése:** Az oklevél minősítése az alábbi részjegyek átlagának figyelembevételével történik:

- a tanulmányok egészére számított súlyozott tanulmányi átlag,
- a szakdolgozatra és a védésre a záróvizsga bizottság által adott jegyek átlaga,
- a szakmai felelet eredménye a záróvizsgán.

**Idegennyelvoktatás és vizsgakövetelmények a TTK alapszakjain:** A matematika alapképzési szakos hallgatók számára az oklevél megszerzésének feltétele egy államilag elismert legalább középfokú (B2 szintű) komplex (C típusú, azaz szóbeli+írásbeli) nyelvvizsga az angol, francia, német, olasz, orosz, spanyol nyelvek valamelyikéből.

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 TTK Nyelvtanári Csoportja biztosítja angol, német, francia, orosz és olasz 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: középhasadó (A2) (térítéses)
3. modul: középhasadó (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, akkreditált felnőttképzési formában folyik.
- Nyelvtanulásnál célszerű a már középiskolában is tanult nyelvet választani, mivel az egyetem által finanszírozott nyelvoktatás középszinten indul (4. modul). A TTK-n finanszírozott formában angol, német, francia, orosz és olasz 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 egy féléves szaknyelvi kurzus (6. modul) teljesítése (2 kredit) az alapképzésben résztvevő minden TTK-s alapszakos hallgató számára kötelező. 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 alapképzésben résztvevő hallgatóinak két féléven keresztül heti két óra testnevelési foglalkozáson való részvétel kötelező. A testnevelési követelmények teljesítése a végbizonyítvány (abszolutórium) kiállításának feltétele.

A testnevelési követelmények kiválthatók

- minősített versenysport-tevékenységgel,
- regisztrálható egyetemi sportszolgáltatások igénybevételével,
- regisztrálható egyetemi sporttevékenységgel,
- a sportigazgatóság, illetve a testnevelési csoportok által szervezett sportrendezvények keretében.

A felmentési és az elfogadási kérelmeket a sportigazgató és a testnevelési csoportok vezetői bírálják el.

Az ajánlott tantervi hálóban az egyes tantárgyakhoz javasolt félévek csak tájékoztató jellegűek, az előfeltételekre való odafigyeléssel bizonyos tárgyak teljesíthetők a megjelölthöz képest egy tanévvel később vagy korábban is. A hálótervben egyes előadások esetén az előfeltétel oszlopában (p) megjelöléssel szerepel a tantárgy vele párhuzamosan hallgatandó, gyakorlati jeggyel záruló gyakorlata. Ebben az esetben a tárgy felvételének természetesen nem előfeltétele a gyakorlat, de vizsgázni csak a gyakorlat sikeres teljesítése esetén lehet

## Matematika alapszak, alkalmazott matematikus specializáció

**Közös matematika tárgyak** A felsorolt tantárgyak mindegyike kötelező tárgy.

| Kód       | Tantárgynév                    | Kredit | Heti óraszám |       | Számonkérés | Előfeltételek                          | Jav. félév |
|-----------|--------------------------------|--------|--------------|-------|-------------|--|------------|
|           |                                |        | Elm.         | Gyak. |             |  |            |
| TTMBG0001 | Matematikai alapozás           | 0      |              | 1     | A           |  | 1          |
| TTMBE0101 | Bev. az alg. és számelm.       | 3      | 2            |       | K           | TTMBG0101(p)                           | 1          |
| TTMBG0101 | Bev. az alg. és számelm.       | 3      |              | 3     | Gy          |  | 1          |
| TTMBE0102 | Lineáris algebra 1.            | 3      | 2            |       | K           | TTMBG0102(p)                           | 1          |
| TTMBG0102 | Lineáris algebra 1.            | 2      |              | 2     | Gy          |  | 1          |
| TTMBE0103 | Lineáris algebra 2.            | 3      | 2            |       | K           | TTMBE0102<br>TTMBG0103(p)              | 2          |
| TTMBG0103 | Lineáris algebra 2.            | 2      |              | 2     | Gy          | TTMBE0102                              | 2          |
| TTMBE0104 | Algebra 1.                     | 3      | 2            |       | K           | TTMBE0101<br>TTMBE0102<br>TTMBG0104(p) | 2          |
| TTMBG0104 | Algebra 1.                     | 2      |              | 2     | Gy          | TTMBE0101<br>TTMBE0102                 | 2          |
| TTMBE0105 | Algebra 2.                     | 3      | 2            |       | K           | TTMBG0001<br>TTMBE0104<br>TTMBG0105(p) | 3          |
| TTMBG0105 | Algebra 2.                     | 2      |              | 2     | Gy          | TTMBG0001<br>TTMBE0104                 | 3          |
| TTMBE0106 | Számelmélet                    | 3      | 2            |       | K           | TTMBG0001<br>TTMBE0104<br>TTMBG0106(p) | 3          |
| TTMBG0106 | Számelmélet                    | 2      |              | 2     | Gy          | TTMBG0001<br>TTMBE0104                 | 3          |
| TTMBE0107 | Kombinatorika és gráfelm.      | 4      | 3            |       | K           | TTMBG0107(p)                           | 1          |
| TTMBG0107 | Kombinatorika és gráfelm.      | 2      |              | 2     | Gy          |  | 1          |
| TTMBE0201 | Halmazok és függvények         | 3      | 2            |       | K           | TTMBG0201(p)                           | 1          |
| TTMBG0201 | Halmazok és függvények         | 2      |              | 2     | Gy          |  | 1          |
| TTMBE0202 | Bevezetés az analízisbe        | 4      | 3            |       | K           | TTMBE0201<br>TTMBG0202(p)              | 2          |
| TTMBG0202 | Bevezetés az analízisbe        | 2      |              | 2     | Gy          | TTMBE0201                              | 2          |
| TTMBE0203 | Differenciál- és integrálsz.   | 4      | 3            |       | K           | TTMBG0001<br>TTMBE0202<br>TTMBG0203(p) | 3          |
| TTMBG0203 | Differenciál- és integrálsz.   | 3      |              | 3     | Gy          | TTMBG0001<br>TTMBE0202                 | 3          |
| TTMBE0204 | Többvált. fv. diff. és int.sz. | 4      | 3            |       | K           | TTMBE0203<br>TTMBG0204(p)              | 4          |
| TTMBG0204 | Többvált. fv. diff. és int.sz. | 3      |              | 3     | Gy          | TTMBE0203                              | 4          |
| TTMBE0205 | Mérték- és integrálmélet       | 3      | 2            |       | K           | TTMBE0203                              | 4          |
| TTMBE0206 | Közöns. differenciálegyenl.    | 3      | 2            |       | K           | TTMBE0204<br>TTMBG0206(p)              | 5          |
| TTMBG0206 | Közöns. differenciálegyenl.    | 2      |              | 2     | Gy          | TTMBE0204                              | 5          |

|           |                       |   |   |   |    |  |   |
|-----------|-----------------------|---|---|---|----|--|---|
| TTMBE0301 | Geometria 1.          | 3 | 2 |   | K  | TTMBG0301(p)                           | 1 |
| TTMBG0301 | Geometria 1.          | 2 |   | 2 | Gy |  | 1 |
| TTMBE0302 | Geometria 2.          | 3 | 2 |   | K  | TTMBE0102<br>TTMBG0302(p)              | 2 |
| TTMBG0302 | Geometria 2.          | 2 |   | 2 | Gy | TTMBE0102                              | 2 |
| TTMBE0303 | Differenciálgeometria | 3 | 2 |   | K  | TTMBE0302<br>TTMBE0204<br>TTMBG0303(p) | 5 |
| TTMBG0303 | Differenciálgeometria | 2 |   | 2 | Gy | TTMBE0302<br>TTMBE0204                 | 5 |
| TTMBE0304 | Vektoranalízis        | 3 | 2 |   | K  | TTMBE0204<br>TTMBG0304(p)              | 6 |
| TTMBG0304 | Vektoranalízis        | 2 |   | 2 | Gy | TTMBE0204                              | 6 |
| TTMBE0401 | Valószínűségszámítás  | 4 | 3 |   | K  | TTMBE0205<br>TTMBG0401(p)              | 5 |
| TTMBG0401 | Valószínűségszámítás  | 2 |   | 2 | Gy | TTMBE0205                              | 5 |
| TTMBE0402 | Statisztika           | 4 | 3 |   | K  | TTMBE0401<br>TTMBG0402(p)              | 6 |
| TTMBG0402 | Statisztika           | 2 |   | 2 | Gy | TTMBE0401                              | 6 |
| TTMBG0601 | Informatika alapjai   | 2 |   | 3 | Gy |  | 1 |
| TTMBG0602 | Programnyelvek        | 2 |   | 2 | Gy |  | 2 |

### Specializáció kötelező tárgyak

| Kód       | Tantárgynév                           | Kre-<br>dit | Heti óraszám |       | Számon-<br>kérés | Előfeltételek                          | Jav.<br>fél-<br>év |
|-----------|---------------------------------------|-------------|--------------|-------|------------------|--|--------------------|
|           |                                       |             | Elm.         | Gyak. |                  |  |                    |
| TTMBE0109 | Számelmélet alkalmazásai              | 3           | 2            |       | K                | TTMBE0106                              | 4                  |
| TTMBG0110 | Algebrai és számelméleti algoritmusok | 3           |              | 3     | Gy               | TTMBE0106                              | 4                  |
| TTMBE0111 | Kriptográfia alapjai                  | 3           | 2            |       | K                | TTMBE0109<br>TTMBG0111(p)              | 5                  |
| TTMBG0111 | Kriptográfia alapjai                  | 2           |              | 2     | Gy               | TTMBE0109                              | 5                  |
| TTMBE0209 | Numerikus analízis                    | 4           | 3            |       | K                | TTMBE0102<br>TTMBE0203<br>TTMBG0209(p) | 4                  |
| TTMBG0209 | Numerikus analízis                    | 2           |              | 2     | Gy               | TTMBE0102<br>TTMBE0203                 | 4                  |
| TTMBG0210 | Analízis számítógéppel                | 3           |              | 3     | Gy               | TTMBE0203                              | 6                  |
| TTMBE0211 | Gazdasági matematika                  | 3           | 2            |       | K                | TTMBE0204<br>TTMBG0211(p)              | 5                  |
| TTMBG0211 | Gazdasági matematika                  | 2           |              | 2     | Gy               | TTMBE0204                              | 5                  |
| TTMBG0308 | Komputergeometria                     | 3           |              | 3     | Gy               | TTMBE0302                              | 3                  |
| TTMBE0606 | Algoritmusok                          | 3           | 2            |       | K                | TTMBE0107<br>TTMBG0606(p)              | 2                  |
| TTMBG0606 | Algoritmusok                          | 2           |              | 2     | Gy               | TTMBE0107                              | 2                  |
| TTMBE0607 | Lineáris programozás                  | 3           | 2            |       | K                | TTMBE0102<br>TTMBG0607(p)              | 3                  |
| TTMBG0607 | Lineáris programozás                  | 2           |              | 2     | Gy               | TTMBE0102                              | 3                  |
| TTMBE0608 | Nemlineáris optimalizálás             | 3           | 2            |       | K                | TTMBE0204<br>TTMBG0608(p)              | 5                  |
| TTMBG0608 | Nemlineáris optimalizálás             | 2           |              | 2     | Gy               | TTMBE0204                              | 5                  |
| TTMBG0403 | Statisztika számítógéppel             | 2           |              | 2     | Gy               | TTMBE0401                              | 6                  |

## Fizika és közismereti tárgyak

| Kód       | Tantárgynév            | Kredit | Heti óraszám |       | Számonkérés | Előfeltételek          | Jav. félév |
|-----------|------------------------|--------|--------------|-------|-------------|------------------------|------------|
|           |                        |        | Elm.         | Gyak. |             |                        |            |
| TTFBE2201 | Klasszikus mechanika   | 4      | 2            | 1     | K           | TTMBE0203              | 4          |
| TTFBE2202 | Elméleti mechanika     | 4      | 2            | 1     | K           | TTFBE2201<br>TTMBE0206 | 6          |
| TTTBE0030 | Európai Unió ismeretek | 1      | 1            |       | K           |                        | 1          |
| TTTBE0040 | Környezettani alapism. | 1      | 1            |       | K           |                        | 1          |

## Szakdolgozat, szabadon választható tárgyak

| Kód       | Tantárgynév          | Kredit | Heti óraszám |       | Számonkérés | Előfeltételek   | Jav. félév |
|-----------|----------------------|--------|--------------|-------|-------------|---|------------|
|           |                      |        | Elm.         | Gyak. |             |   |            |
| TTMBG0701 | Szakdolgozat 1.      | 5      |              |       | Gy          | TTMBG0001<br>TTMBE0101<br>TTMBE0102<br>TTMBE0202<br>TTMBE0301 | 5          |
| TTMBG0702 | Szakdolgozat 2.      | 5      |              |       | Gy          | TTMBG0701   | 6          |
|           | Szabadon választható | 9      |              |       |             |   |            |

## Matematika alapszak, matematikus specializáció

**Közös matematika tárgyak** A felsorolt tantárgyak mindegyike kötelező tárgy.

| Kód       | Tantárgynév                    | Kredit | Heti óraszám |       | Számonkérés | Előfeltételek                          | Jav. félév |
|-----------|--------------------------------|--------|--------------|-------|-------------|--|------------|
|           |                                |        | Elm.         | Gyak. |             |  |            |
| TTMBG0001 | Matematikai alapozás           | 0      |              | 1     | A           |  | 1          |
| TTMBE0101 | Bev. az alg. és számelm.       | 3      | 2            |       | K           | TTMBG0101(p)                           | 1          |
| TTMBG0101 | Bev. az alg. és számelm.       | 3      |              | 3     | Gy          |  | 1          |
| TTMBE0102 | Lineáris algebra 1.            | 3      | 2            |       | K           | TTMBG0102(p)                           | 1          |
| TTMBG0102 | Lineáris algebra 1.            | 2      |              | 2     | Gy          |  | 1          |
| TTMBE0103 | Lineáris algebra 2.            | 3      | 2            |       | K           | TTMBE0102<br>TTMBG0103(p)              | 2          |
| TTMBG0103 | Lineáris algebra 2.            | 2      |              | 2     | Gy          | TTMBE0102                              | 2          |
| TTMBE0104 | Algebra 1.                     | 3      | 2            |       | K           | TTMBE0101<br>TTMBE0102<br>TTMBG0104(p) | 2          |
| TTMBG0104 | Algebra 1.                     | 2      |              | 2     | Gy          | TTMBE0101<br>TTMBE0102                 | 2          |
| TTMBE0105 | Algebra 2.                     | 3      | 2            |       | K           | TTMBG0001<br>TTMBE0104<br>TTMBG0105(p) | 3          |
| TTMBG0105 | Algebra 2.                     | 2      |              | 2     | Gy          | TTMBG0001<br>TTMBE0104                 | 3          |
| TTMBE0106 | Számelmélet                    | 3      | 2            |       | K           | TTMBG0001<br>TTMBE0104<br>TTMBG0106(p) | 3          |
| TTMBG0106 | Számelmélet                    | 2      |              | 2     | Gy          | TTMBG0001<br>TTMBE0104                 | 3          |
| TTMBE0107 | Kombinatorika és gráfelm.      | 4      | 3            |       | K           | TTMBG0107(p)                           | 1          |
| TTMBG0107 | Kombinatorika és gráfelm.      | 2      |              | 2     | Gy          |  | 1          |
| TTMBE0201 | Halmazok és függvények         | 3      | 2            |       | K           | TTMBG0201(p)                           | 1          |
| TTMBG0201 | Halmazok és függvények         | 2      |              | 2     | Gy          |  | 1          |
| TTMBE0202 | Bevezetés az analízisbe        | 4      | 3            |       | K           | TTMBE0201<br>TTMBG0202(p)              | 2          |
| TTMBG0202 | Bevezetés az analízisbe        | 2      |              | 2     | Gy          | TTMBE0201                              | 2          |
| TTMBE0203 | Differenciál- és integrálsz.   | 4      | 3            |       | K           | TTMBG0001<br>TTMBE0202<br>TTMBG0203(p) | 3          |
| TTMBG0203 | Differenciál- és integrálsz.   | 3      |              | 3     | Gy          | TTMBG0001<br>TTMBE0202                 | 3          |
| TTMBE0204 | Többvált. fv. diff. és int.sz. | 4      | 3            |       | K           | TTMBE0203<br>TTMBG0204(p)              | 4          |
| TTMBG0204 | Többvált. fv. diff. és int.sz. | 3      |              | 3     | Gy          | TTMBE0203                              | 4          |
| TTMBE0205 | Mérték- és integrálmélet       | 3      | 2            |       | K           | TTMBE0203                              | 4          |
| TTMBE0206 | Közöns. differenciálegyenl.    | 3      | 2            |       | K           | TTMBE0204<br>TTMBG0206(p)              | 5          |
| TTMBG0206 | Közöns. differenciálegyenl.    | 2      |              | 2     | Gy          | TTMBE0204                              | 5          |
| TTMBE0301 | Geometria 1.                   | 3      | 2            |       | K           | TTMBG0301(p)                           | 1          |
| TTMBG0301 | Geometria 1.                   | 2      |              | 2     | Gy          |  | 1          |
| TTMBE0302 | Geometria 2.                   | 3      | 2            |       | K           | TTMBE0102<br>TTMBG0302(p)              | 2          |
| TTMBG0302 | Geometria 2.                   | 2      |              | 2     | Gy          | TTMBE0102                              | 2          |
| TTMBE0303 | Differenciálgeometria          | 3      | 2            |       | K           | TTMBE0302<br>TTMBE0204<br>TTMBG0303(p) | 5          |
| TTMBG0303 | Differenciálgeometria          | 2      |              | 2     | Gy          | TTMBE0302                              | 5          |



|           |                      |   |   |   |    |                           |   |
|-----------|----------------------|---|---|---|----|---------------------------|---|
|           |                      |   |   |   |    | TTMBE0204                 |   |
| TTMBE0304 | Vektoranalízis       | 3 | 2 |   | K  | TTMBE0204<br>TTMBG0304(p) | 6 |
| TTMBG0304 | Vektoranalízis       | 2 |   | 2 | Gy | TTMBE0204                 | 6 |
| TTMBE0401 | Valószínűségszámítás | 4 | 3 |   | K  | TTMBE0205<br>TTMBG0401(p) | 5 |
| TTMBG0401 | Valószínűségszámítás | 2 |   | 2 | Gy | TTMBE0205                 | 5 |
| TTMBE0402 | Statisztika          | 4 | 3 |   | K  | TTMBE0401<br>TTMBG0402(p) | 6 |
| TTMBG0402 | Statisztika          | 2 |   | 2 | Gy | TTMBE0401                 | 6 |
| TTMBG0601 | Informatika alapjai  | 2 |   | 3 | Gy |                           | 1 |
| TTMBG0602 | Programnyelvek       | 2 |   | 2 | Gy |                           | 2 |

### Specializáció kötelező tárgyak

| Kód       | Tantárgynév                 | Kredit | Heti óraszám |       | Számonkérés | Előfeltételek                          | Jav. félév |
|-----------|-----------------------------|--------|--------------|-------|-------------|--|------------|
|           |                             |        | Elm.         | Gyak. |             |  |            |
| TTMBE0108 | Fejezetek a számelméletből  | 4      | 2            | 1     | K           | TTMBE0106                              | 4          |
| TTMBE0207 | Bev. a funkcionálanalízisbe | 3      | 2            |       | K           | TTMBE0204<br>TTMBG0207(p)              | 5          |
| TTMBG0207 | Bev. a funkcionálanalízisbe | 2      |              | 2     | Gy          | TTMBE0204                              | 5          |
| TTMBE0208 | Komplex függvénytan         | 4      | 2            | 1     | K           | TTMBE0203                              | 6          |
| TTMBE0305 | Nemeuklideszi geometriák    | 3      | 2            |       | K           | TTMBE0301<br>TTMBE0302<br>TTMBG0305(p) | 3          |
| TTMBG0305 | Nemeuklideszi geometriák    | 2      |              | 2     | Gy          | TTMBE0301<br>TTMBE0302                 | 3          |
| TTMBE0306 | Konvex geometria            | 3      | 2            |       | K           | TTMBE0102<br>TTMBG0306(p)              | 3          |
| TTMBG0306 | Konvex geometria            | 2      |              | 2     | Gy          | TTMBE0102                              | 3          |
| TTMBE0307 | Bevezetés a topológiába     | 3      | 2            |       | K           | TTMBG0306(p)                           | 4          |
| TTMBG0307 | Bevezetés a topológiába     | 2      |              | 2     | Gy          |  | 4          |
| TTMBE0603 | Halmazelm. és mat. logika   | 3      | 2            |       | K           | TTMBE0201<br>TTMBG0603(p)              | 2          |
| TTMBG0603 | Halmazelm. és mat. logika   | 2      |              | 2     | Gy          | TTMBE0201                              | 2          |
| TTMBG0604 | Bev. a mat. programcsom.    | 2      |              | 2     | Gy          | TTMBE0102<br>TTMBE0202                 | 3          |
| TTMBE0605 | Bonyolultságelmélet         | 3      | 2            |       | K           | TTMBE0107<br>TTMBG0605(p)              | 4          |
| TTMBG0605 | Bonyolultságelmélet         | 2      |              | 2     | Gy          | TTMBE0107                              | 4          |

### Specializáció választható tárgyak

Az alkalmazott matematikus specializáció kötelező tárgyaiból teljesítendő 5 kredit.

### Fizika és közismereti tárgyak

| Kód       | Tantárgynév            | Kredit | Heti óraszám |       | Számonkérés | Előfeltételek          | Jav. félév |
|-----------|------------------------|--------|--------------|-------|-------------|------------------------|------------|
|           |                        |        | Elm.         | Gyak. |             |                        |            |
| TTFBE2201 | Klasszikus mechanika   | 4      | 2            | 1     | K           | TTMBE0203              | 4          |
| TTFBE2202 | Elméleti mechanika     | 4      | 2            | 1     | K           | TTFBE2201<br>TTMBE0206 | 6          |
| TTTBE0030 | Európai Unió ismeretek | 1      | 1            |       | K           |                        | 1          |
| TTTBE0040 | Környezeti alapism.    | 1      | 1            |       | K           |                        | 1          |

**Szakdolgozat, szabadon választható tárgyak**

| Kód       | Tantárgynév          | Kre-<br>dit | Heti óraszám |       | Számon-<br>kérés | Előfeltételek   | Jav.<br>fél-<br>év |
|-----------|----------------------|-------------|--------------|-------|------------------|---|--------------------|
|           |                      |             | Elm.         | Gyak. |                  |   |                    |
| TTMBG0701 | Szakdolgozat 1.      | 5           |              |       | Gy               | TTMBG0001<br>TTMBE0101<br>TTMBE0102<br>TTMBE0202<br>TTMBE0301 | 5                  |
| TTMBG0702 | Szakdolgozat 2.      | 5           |              |       | Gy               | TTMBG0701   | 6                  |
|           | Szabadon választható | 9           |              |       |                  |   |                    |

# Tantárgyi tematikák

## Közös matematika tárgyak

### **TTMBG0001**

**Matematikai alapozás**

**0+1 óra, 0+0 kredit, A**

**Tárgyfelelős: Dr. Varga Nóra**

**Előfeltétele: nincs**

Algebrai átalakítások. Különböző egyenletek, egyenletrendszerek, egyenlőtlenségek és egyenlőtlenség rendszerek megoldása. Trigonometriai alapfogalmak. Koordinátageometriai alapfogalmak.

Irodalom:

Középiskolai tankönyvek.

Vincze Csaba: Trigonometria és koordinátageometria, Kossuth Egyetemi Kiadó, 2008.

### **TTMBE0101, TTMBG0101**

**Bevezetés az algebra és számelméletbe**

**2+3 óra, 3+3 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Pintér Ákos**

**Előfeltétele: nincs**

Relációk, algebrai struktúrák, műveletek és tulajdonságaik. Oszthatóság és maradékos osztás  $Z$ -ben. Legnagyobb közös osztó, az Euklideszi algoritmus. Kongruencia-reláció és maradékosztályok  $Z$ -ben, maradékosztály-gyűrű. Az Euler-Fermat-tétel. Lineáris kongruenciák. Lineáris kongruencia-rendszerek, kínai maradéktétel. Két- és többváltozós lineáris diofantikus egyenletek. A Peano-axiómák,  $N$ ,  $Z$ ,  $Q$ . Komplex számok, műveletek, konjugált, abszolút érték. Komplex számok trigonometrikus alakja, a Moivre-tétel,  $n$ -edik gyökvonás, egységgyökök. Test fölötti polinomgyűrű. Euklideszi osztás, legnagyobb közös osztó. A  $Z[x]$ ,  $Q[x]$ ,  $R[x]$ ,  $C[x]$  gyűrűk, abszolút érték. Az algebra alaptétele. Parciális törtekre bontás. Algebrai egyenletek, diszkrimináns, rezultáns, többszörös gyök, harmad- és negyedfokú egyenletek. Többhatározatlanú polinomok, szimmetrikus és elemi szimmetrikus polinomok, a szimmetrikus polinomok alaptétele.

Irodalom:

Kiss Emil: Bevezetés az algebra, Typotex, 2007.

Szendrei János: Algebra és számelmélet, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2001.

Sárközy András, Surányi János: Számelmélet feladatgyűjtemény, Nemzeti Tankönyvkiadó, 1990.

D.K. Fagyjev, I. Sz. Szominszkij: Felsőfokú algebrai példatár, Typotex, 2000.

Szendrei Ágnes: Diszkrét matematika, Polygon, 1994.

### **TTMBE0102, TTMBG0102**

**Lineáris algebra 1.**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Gaál István**

**Előfeltétele: nincs**

Algebrai alapfogalmak. Determinánsok. Műveletek mátrixokkal. Vektorterek, bázis, dimenzió. Lineáris leképezések. Bázis és koordináta transzformáció. Rangszám tétel. Alterek összege. Faktorterei. Lineáris egyenletrendszerek. Lineáris transzformációk mátrixa. Műveletek lineáris transzformációkkal. Hasonló mátrixok. Sajátérték, sajátvektor, karakterisztikus polinom. Sajátvektorokból álló bázis létezése.

Irodalom:

Gaál István és Kozma László: Lineáris algebra, Kossuth Egyetemi Kiadó, 2004.

Freud Róbert: Lineáris algebra, ELTE Eötvös Kiadó, 1998.

P. R. Halmos: Véges dimenziós vektorterek, Műszaki Könyvkiadó, 1984.

Kovács Zoltán: Feladatgyűjtemény lineáris algebra gyakorlatokhoz, Kossuth Egyetemi Kiadó, 1998.

Rózsa Pál: Lineáris algebra és alkalmazásai, Műszaki Könyvkiadó, 1974.

### **TTMBE0103, TTMBG0103**

**Lineáris algebra 2.**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Gaál István**

**Előfeltétele: TTMBE0102**

Lineáris, bilineáris formák és kvadratikus alakok. Euklideszi terek, ortonormált bázis, altér ortogonális komplementuma. Önadjungált, ortogonális, normális transzformációk. Főtengely-transzformáció. Másodrendű görbék.

Irodalom:

Gaál István és Kozma László: Lineáris algebra, Kossuth Egyetemi Kiadó, 2004.

Freud Róbert: Lineáris algebra, ELTE Eötvös Kiadó, 1998.

P. R. Halmos: Véges dimenziós vektorterek, Műszaki Könyvkiadó, 1984.

Kovács Zoltán: Feladatgyűjtemény lineáris algebra gyakorlatokhoz, Kossuth Egyetemi Kiadó, 1998.

Rózsa Pál: Lineáris algebra és alkalmazásai, Műszaki Könyvkiadó, 1974.

**TTMBE0104, TTMBG0104**

**Algebra 1.**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Horváth Gábor**

**Előfeltétele: TTMBE0101, TTMBE0102**

Csoport definíciója, példák. Permutációk, előjel. Homomorfizmusok. Rend, ciklikus csoport. Részcsoport, generált részcsoport, Lagrange-tétel. Direkt szorzat, a véges Abel-csoportok alaptétele. Permutációcsoportok és csoporthatások, Cayley tétele. Homomorfizmusok és normálosztók, konjugálás. Faktorcsoporthatások. Homomorfizmustétel. Izomorfizmustételek.  $p$ -csoportok alaptulajdonságai, centrum. Gyűrű definíciója, példák. Részgyűrűk, generált részgyűrű. Véges nullosztómentes gyűrűk. Homomorfizmusok és ideálok, faktorgyűrűk. Polinomgyűrűk. Euklideszi és főideálgyűrűk, a számelmélet alaptétele. Testek, egyszerű algebrai bővítések. Minimálpolinom. Fokszámtétel. Algebrai számok. A felbontási test konstrukciója. Karakterisztika, prímtest. Véges testek konstrukciója, primitív elem, véges testek résztestei.  $Z_p$  felett tetszőleges fokú irreducibilis polinom létezik. Geometriai szerkesztések: a kockakettőzés, a szögharmadolás és a körnégyesítés nem lehetséges.

Irodalom:

Bálintné Szendrei Mária, Czédli Gábor, Szendrei Ágnes: Absztrakt algebrai feladatok, 2005, Polygon.

Kiss Emil: Bevezetés az algebraba, Elméleti matematika sorozat. Budapest, 2007, Typotex.

**TTMBE0105, TTMBG0105**

**Algebra 2.**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Horváth Gábor**

**Előfeltétele: TTMBE0104, TTMBG0001**

Sylow tételei. Szemidirekt szorzat. A  $p$ -csoportok maximális részcsoportjai,  $p$  indexű normálosztók. Karakterisztikus részcsoportok, kommutátor. Feloldható csoportok és alaptulajdonságaik. Az alternáló csoportok egyszerűségéről szóló tétel. Szabad csoportok és definiáló relációk. Dyck-tétel. Számelmélet gyűrűkben: maximumfeltétel és az alaptételes gyűrűk jellemzése. Hányadostest. Artin- és Noether-gyűrűk, Hilbert bázistétele. Algebrák, a minimálpolinom tárgyalása algebrák felett. Frobenius-tétel. A felbontási test egyértelműsége, algebrai lezárt létezése. Normális bővítések, tökéletes test felett minden véges bővítés egyszerű. A Galois-elmélet főtétele. Az algebra alaptétele. Geometriai szerkeszthetőség. Egyenlet gyökjelekkel való megoldhatósága, a Casus Irreducibilis elkerülhetetlensége harmadfokú egyenletre.

Irodalom:

Bálintné Szendrei Mária, Czédli Gábor, Szendrei Ágnes: Absztrakt algebrai feladatok, 2005, Polygon.

Kiss Emil: Bevezetés az algebraba, Elméleti matematika sorozat. Budapest, 2007, Typotex.

**TTMBE0106, TTMBG0106**

**Számelmélet**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Hajdu Lajos**

**Előfeltétele: TTMBE0104, TTMBG0001**

Elem rendje, generátorelemek és jellemzésük  $Z_p$ -ben. Kvadratikus maradékok modulo  $p$ . Magasabb fokú kongruenciák. Számelméleti függvények. Additív és multiplikatív függvények, néhány nevezetes számelméleti függvény. Számelméleti függvények összegzési függvénye és Möbius-transzformáltja. A prímszámok sorozatának végtelensége. Prímszámokkal kapcsolatos nevezetes problémák. Prímszámok számtani sorozatokban, Dirichlet tétele. A prímekek reciprokösszegének végtelensége. A  $\Pi(x)$  függvény viselkedése, a prímszámtétel. Rácsok, Blichfeldt és Minkowski tételei és alkalmazásuk. A Waring-féle problémakör. Pitagoraszai számhármak. Algebrai szám, algebrai egész szám. Az algebrai számok teste és az algebrai

egészek gyűrűje. Algebrai számtestek. Fokszám, bázis, egészek gyűrűje, egységek csoportja. Másodfokú algebrai számtestek és előállításuk  $Q(\sqrt{d})$  alakban.

Irodalom:

Freud Róbert, Gyarmati Edit: Számelmélet, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2004.

Sárközy András, Surányi János: Számelmélet – feladatgyűjtemény, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.

**TTMBE0107, TTMBG0107**

**Kombinatorika és gráfelmélet**

**3+2 óra, 4+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Nyul Gábor**

**Előfeltétele: nincs**

Alapvető leszámítási problémák: permutációk, variációk, kombinációk. Binomiális együtthatók tulajdonságai, binomiális és polinomiális tétel. Permutációk inverziói, paritása, szorzása, ciklusok. Szitaformula és alkalmazásai. Gráfelméleti alapfogalmak. Euler-vonal, Hamilton-út és -kör. Fák és erdők, feszítőfák, Prüfer-kód és Cayley-tétel. Páros gráfok. Síkbarajzolt gráfok, duális, Euler-formula, síkbarajzolható gráfok és jellemzésük. Gráfok csúcs- és élszínezései, kromatikus szám, az ötszintétel, kromatikus polinom, kromatikus index. Ramsey-elmélet alapjai. Gráfok mátrixai.

Irodalom:

Katona Gyula Y., Recski András, Szabó Csaba: A számítástudomány alapjai, Typotex, 2006.

Andrásfai Béla: Ismerkedés a gráfelmélettel, Tankönyvkiadó, 1985.

Hajnal Péter: Gráfelmélet, Polygon, 2003.

Hajnal Péter: Elemi kombinatorikai feladatok, Polygon, 2005.

N. J. Vilenkin: Kombinatorika, Műszaki Könyvkiadó, 1971.

Friedl Katalin, Recski András, Simonyi Gábor: Gráfelméleti feladatok, Typotex, 2006.

**TTMBE0201, TTMBG0201**

**Halmazok és függvények**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Lovas Rezső**

**Előfeltétele: nincs**

Halmazelméleti alapok. Relációk. Ekvivalencia, rendezési és függvény reláció. Alapvető fogalmak parciálisan rendezett halmazokban; Tarski fixponttétele. Halmazok számossága; Cantor tétele és a Schröder–Bernstein tétel. A valós számok axiómarendszere, fontosabb következmények. A valós számok nevezetes részhalmazai: természetes számok, egész számok, racionális és irracionális számok. A valós számok meghatározottsági tulajdonsága. Az  $n$ -edik gyök létezése és egyértelműsége;  $p$ -adikus törtek. Nevezetes egyenlőtlenségek. A komplex számok teste. Számhalmazok számossága.

Irodalom:

Császár Ákos: Valós analízis I., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.

Lajkó Károly: Analízis I., Debreceni Egyetem Matematikai és Informatikai Intézet, Debrecen, 2000.

Leindler László, Schipp Ferenc: Analízis I., Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.

Walter Rudin: A matematikai analízis alapjai, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.

Székelyhidi László: Halmazok és függvények, Palotadoktor Bt., 2008.

Gecse Frigyes: Matematikai alapok, Z-Press Kiadó, Miskolc, 2013.

**TTMBE0202, TTMBG0202****Bevezetés az analízisbe****3+2 óra, 4+2 kredit, K+Gy****Tárgyfelelős: Dr. Bessenyei Mihály****Előfeltétele: TTMBE0201**

Valós számsorozatok konvergenciája. Konvergencia, korlátosság és monotonitás kapcsolata. A Bolzano–Weierstrass-tétel és a Cauchy-féle konvergenciakritérium. Konvergencia és műveletek, határérték és rendezés kapcsolata. Nevezetes sorozatok; az Euler-féle szám. Sorozat torlódási pontja, alsó és felső határértéke. Alkalmazások. Komplex számsorozatok konvergenciája. Bolzano–Weierstrass-tétel, Cauchy-kritérium komplex sorozatokra. Konvergencia és műveletek kapcsolata. Komplex számsorok; abszolút és feltételes konvergencia. Sorösszegzés és műveletek, csoportosított és átrendezett sorok. Riemann tétele. Komplex mértani sor; az összehasonlító-, gyök- és hányadoseszt. Abel-féle formula; Dirichlet, Leibniz és Abel tételei. Cauchy-féle szorzatsor, Mertens-tétel. Függvénysorozatok és függvénysorok pontonkénti és egyenletes konvergenciája. Az egyenletes konvergencia Cauchy-féle kritériuma és Weierstrass-féle elegendő feltétele. Hatványsorok; a Cauchy–Hadamard-tétel. Elemi függvények és addíciós tételeik. Metrikus terek, normált terek, Banach-terek, euklideszi terek. Alapfogalmak metrikus terekben. Ekvivalens metrikák és ekvivalens normák. A kompaktság Hausdorff-féle jellemzése. Euklideszi terek speciális normái. A Bolzano–Weierstrass-tétel és Heine–Borel-tétel. Folytonosság és átviteli elv metrikus terekben. Folytonosság és műveletek, összetett függvény folytonossága. Kompaktság és folytonosság, összefüggőség és folytonosság kapcsolata. Folytonos bijekciók kompakt halmazon. Egyenletes folytonosság és jellemzése.

**Irodalom:**

Császár Ákos: Valós analízis I., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.

Lajkó Károly: Analízis I., Debreceni Egyetem Matematikai és Informatikai Intézet, Debrecen, 2000.

Leindler László, Schipp Ferenc: Analízis I., Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.

Walter Rudin: A matematikai analízis alapjai, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.

Székelyhidi László: Bevezetés az analízisbe, Palotadoktor Bt., 2009.

**TTMBE0203, TTMBG0203****Differenciál- és integrálszámítás****3+3 óra, 4+3 kredit, K+Gy****Tárgyfelelős: Dr. Bessenyei Mihály****Előfeltétele: TTMBE0202, TTMBG0001**

Függvények határértéke; átviteli elv. Cauchy-kritériumok; határérték kapcsolata a műveletekkel és a rendezéssel. 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. Egyenlőtlenlégek, középértéktételek Riemann-integrálra. A Newton–Leibniz-tétel és a felsőhatár-függvény tulajdonságai. A Riemann-integrálhatóság és az egyenletes konvergencia kapcsolata. A Lebesgue-kritérium. Improprius Riemann-integrál és kritériumai.

**Irodalom:**

Császár Ákos: Valós analízis I.–II., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.

Lajkó Károly: Analízis II., Debreceni Egyetem Matematikai és Informatikai Intézet, Debrecen, 2003.

Leindler László, Schipp Ferenc: Analízis I., Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.

Makai Imre: Differenciál- és integrálszámítás, Tankönyvkiadó, Budapest, 1992.

Walter Rudin: A matematikai analízis alapjai, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.

Szász Pál: A differenciál- és integrálszámítás elemei I., Typotex Kiadó, 2000.

Székelyhidi László: Differenciál- és integrálszámítás, Palotadoktor Bt., 2009.

**TTMBE0204, TTMBG0204****Többváltozós függvények differenciál- és integrálszámítása****3+3 óra, 4+3 kredit, K+Gy****Tárgyfelelős: Dr. Páles Zsolt**

### **Előfeltétele: TTMBE0203**

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.

#### Irodalom:

Császár Ákos: Valós analízis I., II., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.

Lajkó Károly: Analízis III., Debreceni Egyetem, Matematikai és Informatikai Intézet, Debrecen, 2001.

Pál Jenő, Schipp Ferenc, Simon Péter: Analízis II., Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.

Székelyhidi László: Többváltozós függvények differenciál- és integrálszámítása, Palotadoktor Bt., 2012.

### **TTMBE0205**

#### **Mérték- és integrálelmélet**

**2+0 óra, 3+0 kredit, K**

**Tárgyfelelős: Dr. Nagy Gergő**

**Előfeltétele: TTMBE0203**

Mértékterek és mértékek, tulajdonságaik. Külső mértékek, premérték. Mértékek konstruálása. Lebesgue-mérték és topológiai tulajdonságai. Borel-halmazok. Nyílt halmazok struktúratétele. Approximációs tétel. Cantor halmaz tulajdonságai. Nem Lebesgue-mérhető halmaz létezése. A Lebesgue–Stieltjes mérték. Mérhető függvények és alapvető tulajdonságaik, Luzin-tétel. Mérhető függvények sorozatai. Lebesgue és Jegorov tételei, Riesz kiválasztási tétele, approximációs lemma. Nemnegatív mérhető függvények Lebesgue integrálja. Beppo Levi-tétel, Fatou-lemma. Az integrál és az összeg kapcsolata. Integrálható függvények. Nagy Lebesgue tétel. Az integrál  $\sigma$ -additivitása, illetve abszolút folytonossága. Komplex függvények Lebesgue integrálja.  $L^p$  terek. Minkowski- és Hölder-egyenlőtlenség. A Riesz–Fischer-tétel. A Riemann és a Lebesgue integrál kapcsolata. Fubini tétele. Az  $n$  dimenziós Lebesgue-mérték. Lebesgue differenciálhatósági tétel. Korlátos változású és abszolút folytonos függvények. A primitív függvények alaptulajdonságai. A Newton–Leibniz-formula.

#### Irodalom:

Járai Antal: Mérték és integrál, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2002.

Daróczy Zoltán: Mérték és integrál, Tankönyvkiadó, 1980.

Szőkefalvi-Nagy Béla: Valós függvények és függvények sorok, Tankönyvkiadó, 1972.

P. R. Halmos: Mértékelmélet, Gondolat, 1984.

### **TTMBE0206, TTMBG0206**

#### **Közönséges differenciálegyenletek**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Gát György**

**Előfeltétele: TTMBE0204**

Elemi módon megoldható differenciálegyenletek. Cauchy-feladat; megoldás, teljes megoldás, lokálisan és globálisan egyértelmű megoldás. Lipschitz-feltétel; a globális-lokális egzisztencia és unicitás 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-determináns és Liouville-formula. Állandó együtthatós magasabbrendű lineáris differenciálegyenletek alaprendszer. Stabilitás; Gronwall–Bellmann lemma és Ljapunov stabilitási tétele. A variációszámítás elemei: Du Bois-Reymond lemma és az Euler–Lagrange egyenlet. Alkalmazások.

#### Irodalom:

Kósa András, Schipp Ferenc, Szabó Dániel: Közönséges differenciálegyenletek I, Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.

Lajkó Károly: Differenciálegyenletek, Debreceni Egyetem Matematikai és Informatikai Intézet, 2002.

A. F. Filippov: Differenciálegyenletek példatár, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1995.

**TTMBE0301, TTMBG0301****Geometria 1.****2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy****Tárgyfelelős: Dr. Vincze Csaba****Előfeltétele: nincs**

Az abszolút geometria axiómarendszerének áttekintése: illeszkedési axiómák, vonalzó-, félsík-, szögmérő- és kongruencia-axióma. Fejezetek az abszolút geometriából: kongruencia-tételek, merőleges és párhuzamos egyenesek, a párhuzamosság elegendő feltételei, egyenlőtlenségek. Az euklideszi párhuzamossági axióma és ekvivalensei. Az euklideszi geometria bevezető fejezetei (paralelogramma-tételek, a párhuzamos szelők tételei, hasonló háromszögek). Az euklideszi sík egybevágósági transzformációinak előállítására tükrözések kompozíciójaként, az osztályozási tétel. Az euklideszi tér egybevágósági transzformációinak előállítására tükrözések kompozíciójaként, az osztályozási tétel. Hasonlósági transzformációk, a hasonlóságok fixponttétele. Az euklideszi sík/tér hasonlóságainak osztályozása. A hasonlóság és az egybevágóság általános fogalma. Geometriai mértékelmélet: a területmérő függvény, Jordan mérték a síkon, a kör területe, a térfogatmérés axiómái, a gömb térfogata. A körív hossza, a gömb és részeinek felszíne.

**Irodalom:**

Hajós György: Bevezetés a geometriába, Tankönyvkiadó, Budapest, 1962.

John Roe: Elementary Geometry, Oxford University Press, 1993.

Kovács Zoltán: Geometria, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, 1999.

Laczkovich Miklós: Sejtés és bizonyítás, Typotex, 1998.

Szilasi József: Geometria I., KLTE TTK, Debrecen, 1990.

**TTMBE0302, TTMBG0302****Geometria 2.****2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy****Tárgyfelelős: Dr. Vincze Csaba****Előfeltétele: TTMBE0102**

Euklideszi-affin geometria: a szabadvektorok háromdimenziós vektortere. Affin transzformációk, nyújtások, a nyújtások fixponttétele (a translációk és a homotéciák affin fogalma). Osztóviszony. Az affin geometria nevezetes tételei: Menelaosz tétele és a Ceva-tétel. Az euklideszi-affin tér analitikus modellje. Lineáris transzformációk, az általános lineáris csoport. Az affin transzformációk analitikus leírása, az affin transzformációk alaptétele. Vektorok skaláris, vektoriális és vegyes szorzata. Geometriai értelmezésük és a kiszámítási formulák. Az  $n$  dimenziós euklideszi vektortér. Tükrözések analitikus leírása, az egybevágósági transzformációk előállítására tükrözések kompozíciójaként. Az ortogonális csoport. A 2 és 3 dimenziós euklideszi tér ortogonális csoportja. Egyenesek és síkok implicit és paraméteres megadása. Másodrendű görbék és felületek. A konvex geometria elemei: konvex halmaz, konvex burok, Caratheodory tétele. A Radon lemma és a Helly-tétel. Konvex poligon és poliéder. Euler és Descartes tételei, szabályos konvex poliéderek.

**Irodalom:**

Gaál István és Kozma László: Lineáris algebra. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, 2009.

Kovács Zoltán: Geometria, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, 1999.

John Roe: Elementary Geometry, Oxford University Press, 1993.

Vincze Csaba: Trigonometria és koordináta geometria, Kossuth Egyetemi Kiadó, 2008.

Vincze Csaba: Convex Geometry, University of Debrecen, 2013, TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0025.

**TTMBE0303, TTMBG0303****Differenciálgeometria****2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy****Tárgyfelelős: Dr. Muzsnay Zoltán****Előfeltétele: TTMBE0302, TTMBE0204**

Differenciálható görbék. Görbület, torzió. A görbeelmélet alaptétele. Felületek az euklideszi térben, különböző megadási módjaik. Az érintősík. A felület metrikus alapformája. Normálgörbület, főgörbületek, főirányok, szorzat- és összeggörbület. Görbe menti párhuzamos eltolás felületen. Az ívhossz variációs problémája. Geodetikusok. Geodetikus görbület. A geodetikusok minimalizáló tulajdonsága. A Gauss-Bonnet-tétel. Konstans görbületű felületek.

**Irodalom:**

Kozma László, Kovács Zoltán: Görbék és felületek elemi differenciálgeometriája, (jegyzet).

Szókefalvi-Nagy Gyula, Gehér László, Nagy Péter: Differenciálgeometria, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.

Szilasi József: Bevezetés a differenciálgeometriába, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, 1998.



Kurusa Árpád: Bevezetés a differenciálgeometriába, Polygon, Szeged, 1999.

#### **TTMBE0304, TTMBG0304**

##### **Vektoranalízis**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Vincze Csaba**

**Előfeltétele: TTMBE0204**

Skalármezők. Szintgörbék és szintfelületek. A gradiens és geometriai jelentése. Vektormezők, a deriváltmátrix invariánsai: divergencia és rotáció (a deriváltmátrix ferdeszimmetrikus részének vektorinvariánsa). A Laplace operátor. Parametrizált görbék, görbementi integrál: a munka. Stokes-tétele a síkon és alkalmazásai: konzervatív vektormezők és potenciál (az integrál úttól való függetlensége, rotációmentes vektormezők, egzakt differenciálegyenletek). Parametrizált felületek, felületi integrál: a fluxus. A Gauss-Osztrogradszkij-tétel és Stokes tétele a térben. A divergencia, mint forrassűrűség. A rotáció, mint örvénysűrűség. Vektoranalitikai azonosságok (összeg, szorzat gradiense, rotációja és divergenciája, differenciáloperátorok kompozíciója). A determinánsfüggvény, mint skalármező deriváltja: a speciális lineáris csoport és érintője az egységpontban, az ortogonális csoport és érintője az egységpontban: forgató és alakváltozási tenzor. Integrálgörbék és folyamok. Divergencia mentes vektormezők (Liouville tétele, az összenyomhatatlan folyadék áramlása). Harmonikus, szub- és szuperharmonikus függvények (a maximum-elv).

##### Irodalom:

Laczkovich Miklós, T. Sós Vera: Valós analízis II, Typotex, 2013.

M. H. Protter, H. F. Weinberger: Maximum Principles in Differential Equations, Springer New York, 1984.

Serény György: Formális és szemléletes vektoranalízis, Műegyetemi Kiadó, 2002.

Szolcsányi Endre: Differenciálgeometria és vektoranalízis, Tankönyvkiadó, 1973.

E. C. Young: Vector and Tensor Analysis, New York : M. Dekker, 1978.

#### **TTMBE0401, TTMBG0401**

##### **Valószínűség számítás**

**3+2 óra, 4+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Fazekas István**

**Előfeltétele: TTMBE0205**

Valószínűség, valószínűségi változók, eloszlások. A valószínűség számítás aszimptotikus tételei.

##### Irodalom:

Fazekas István: Valószínűség számítás. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 2009.

Csőrgő Sándor: Fejezetek a valószínűségelméletből, Szegedi Egyetemi Kiadó, Polygon, 2010.

Rényi Alfréd: Valószínűség számítás, Tankönyvkiadó, Budapest, 1984.

A. N. Shiryaev: Probability, Springer-Verlag, Berlin, 1984.

#### **TTMBE0402, TTMBG0402**

##### **Statisztika**

**3+2 óra, 4+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Barczy Mátyás**

**Előfeltétele: TTMBE0401**

Statisztikai minta, becslések, próbák, szórásanalízis, regresszió-analízis.

##### Irodalom:

Bevezetés a matematikai statisztikába (egyetemi jegyzet, szerk.: Fazekas István), Debrecen, 2003.

A. A. Borovkov: Matematikai statisztika, Typotex.

#### **TTMBG0601**

##### **Informatika alapjai**

**0+3 óra, 0+2 kredit, Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Tengely Szabolcs**

**Előfeltétel: nincs**

Matematikai formulák LaTeX-ben. Prezentáció készítése LaTeX-ben. Hivatalos levél és önéletrajz készítés LaTeX-ben. Szakdolgozat/diplomamunka készítéséhez szükséges dokumentum váz megismerése. A SageMath alapvető parancsainak áttekintése. Egyszerű struktúrák létrehozása, programozási eszközök. Függvények létrehozása a rendszerben.

##### Irodalom:

Wetl Ferenc, Mayer Gyula, Sudár Csaba: LaTeX kezdőknek és haladóknak, Panem Kiadó, Budapest, 1998.

Gregory Bard: SageMath for Undergraduates

### **TTMBG0602**

#### **Programnyelvek**

**0+2 óra, 0+2 kredit, Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Bazsó András**

**Előfeltétele: nincs**

A programnyelvek osztályozása. Magasszintű programnyelveken belüli lényegi eltérések. Az interpreter és compiler feladatai, szerepük a programozásban. Objektum- és eljárásorientált programozási nyelvek alapjai, az OOP szemléletmód. Hibakezelés, programtesztelés.

#### Irodalom:

Nagy Gusztáv: Java programozás, egyetemi jegyzet.

Juhász István: Programozás 1 (<http://docplayer.hu/10844109-Juhasz-istvan-programozas-1.html>)

## **Fizika és közismereti tárgyak**

### **TTFBE2201**

#### **Klasszikus mechanika**

**2+1 óra, 4+0 kredit, K**

**Tárgyfelelős: Dr. Erdélyi Zoltán**

**Előfeltétele: TTMBE0203**

Tömegpont mozgása egy- és többdimenzióban.

#### Irodalom:

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

Dede Miklós: Kísérleti fizika 1. kötet, egyetemi jegyzet.

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

### **TTFBE2202**

#### **Elméleti mechanika**

**2+1 óra, 4+0 kredit, K**

**Tárgyfelelős: Dr. Nagy Sándor**

**Előfeltétele: TTFBE2201, TTMBE0206**

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, energiámérleg. Szabad mozgás, közegellenállás, csúszási és tapadási súrlódás. Részecske egydimenziós 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.

#### Irodalom:

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

Budó Ágoston: Mechanika, Tankönyvkiadó, 1972.

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

### **TTTBE0030**

#### **Európai Unió ismeretek**

**1+0 óra, 1+0 kredit, K**

**Tárgyfelelős: Dr. Teperics Károly**

**Előfeltétele: nincs**

Az integráció kialakulásának története. A szervezet bővülésének folyamata. Az ezredforduló utáni bővítés egyedi vonásai. Az intézményrendszer kialakításának előzményei, elvei. Mezőgazdaság-politika, regionális

politika, Gazdasági és Monetáris Unió. Igazságügyi, belügyi együttműködések, külkapcsolatok. Migráció és az Európai Unió, Az európai együttműködés jövőképe.

Irodalom:

Blahó András (szerk.): Európai integrációs alapismeretek. AULA Kiadó. Budapest, 2007.

Farkas B., Várnay E. (2005): Bevezetés az Európai Unió tanulmányozásába, JATEPRESS Kiadó, Szeged

Bernek Á., Kondorosi F., Nemerkenyi A., Szabó P. (2005): Az Európai Unió, Cartographia Kiadó, Budapest

Palánkai T. (2004): Az európai integráció gazdaságtana, Aula Kiadó, Budapest

Horváth Gy. (1998): Európai regionális politika, Dialóg-Campus Kiadó, Pécs-Budapest

Kengyel Ákos (szerk.): Az Európai Unió közös politikái, Akadémiai Kiadó. Budapest, 2010

**TTTBE0040**

**Környezettani alapismeretek**

**1+0 óra, 1+0 kredit, K**

**Tárgyfelelős: Dr. Nagy Sándor Alex**

**Előfeltétele: nincs**

A környezettani szemléletmód, a populációk. Globális környezeti rendszerek és problémák. Kontinentális, globális, lokális és regionális környezetközponitú 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.

Irodalom:

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

**Alkalmazott matematikus specializáció kötelező tárgyak**

**TTMBE0109**

**Számelmélet alkalmazásai**

**2+0 óra, 3+0 kredit, K**

**Tárgyfelelős: Dr. Hajdu Lajos**

**Előfeltétele: TTMBE0106**

Bonyolultságelméleti alapfogalmak. Néhány alapvető algoritmus és bonyolultságuk. Valós számok racionális számokkal való approximálhatósága, Dirichlet tétele. Liouville tétele, transzcendens szám konstrukciója. Lánctörtek és tulajdonságaik. Véges és végtelen lánctörtek. Approximáció lánctörtek segítségével. Az LLL-algoritmus és néhány alkalmazása. Pseudoprímek és tulajdonságaik. Carmichael-számok és szerepük a valószínűségi prímtesztben. Euler-pseudoprímek és tulajdonságaik. A Soloway-Strassen valószínűségi prímteszt. Erős pseudoprímek és tulajdonságaik. A Miller-Rabin valószínűségi prímteszt. Determinisztikus prímteszt, a Wilson-tétel, az Agrawal-Kayal-Saxena teszt ismertetése. A születésnap-paradoxon és a Pollard-féle  $\rho$ -módszer. Fermat-faktorizáció. Faktorizáció faktorbázis segítségével. Lánctört-faktorizáció.

Irodalom:

Freud Róbert, Gyarmati Edit: Számelmélet, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2004.

Sárközy András, Surányi János: Számelmélet – feladatgyűjtemény, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.

Neal Koblitz: A Course in Number Theory and Cryptography, Springer Verlag, 1994.

Ivan Niven, Herbert S. Zuckerman: Bevezetés a számelméletbe, Műszaki Kiadó, Budapest, 1978.

Nigel Smart: The Algorithmic Resolution of Diophantine Equations, London Mathematical Society Student Text 41, Cambridge University Press, 1998.

**TTMBG0110**

**Algebrai és számelméleti algoritmusok**

**0+3 óra, 0+3 kredit, Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Tengely Szabolcs**

**Előfeltétele: TTMBE0106**

Lineáris algebra és alkalmazásai SageMath felhasználásával, Berlekamp algoritmus, Shamir-féle titokmegosztás. Rácsok, az LLL-algoritmus alkalmazásai. Számelméleti függvények SageMath-ban, lineáris diofantikus egyenletek, Frobenius probléma. Génusz nullás és egyes görbék vizsgálata.

Irodalom:

Victor Shoup: A Computational Introduction to Number Theory and Algebra, Cambridge University Press, 2005

William Stein: Elementary Number Theory: Primes, Congruences, and Secrets, Springer-Verlag, 2008

### **TTMBE0111, TTMBG0111**

#### **Kriptográfia alapjai**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Bérczes Attila**

**Előfeltétele: TTMBE0109**

Alapvető kriptográfiai fogalmak. Szimmetrikus, aszimmetrikus kriptorendszerek. Eltolásos, lineáris rendszer, DES, AES. Az RSA ismertetése, elemzése biztonsági szempontból. A diszkrét logaritmus probléma, algoritmusok a diszkrét logaritmus probléma megoldására. A diszkrét logaritmus problémán alapuló nyilvános kulcsú kriptorendszerek. Elliptikus görbe alapú kriptorendszerek. Alapvető kriptográfiai protokollok. Digitális aláírás. PGP bemutatása.

#### Irodalom:

Ködmön József: Kriptográfia, Computerbooks, Budapest, 1999.

J. Buchmann: Einführung in die Kryptographie, Springer, 1999.

N. Koblitz: A Course in Number Theory and Cryptography, Springer, 1987.

### **TTMBE0209, TTMBG0209**

#### **Numerikus analízis**

**3+2 óra, 4+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Fazekas Borbála**

**Előfeltétele: TTMBE0102, TTMBE0203**

A gépi számítás jellegzetességei, hibaterjedés. Nevezetes mátrix transzformációk lineáris rendszerek, illetve sajátérték feladatok megoldására. Gauss-elimináció és változatai: algoritmusai, műveletigénye, főelemkiválasztás, nem teljes Gauss-elimináció. Mátrixok felbontásai: Schur-komplementer, LU-felbontás, LDU-felbontás, Cholesky-felbontás, QR-felbontás. Lineáris és nemlineáris rendszerek iterációs megoldásai: Gauss-Seidel iteráció, gradiens módszer, konjugált gradiens módszer, Newton-módszer, lokális és globális konvergencia, kvázi-Newton-módszer, Levenberg–Marquardt algoritmus, Broyden-módszer. Sajátérték feladatok megoldása: hatványmódszer, inverz iteráció, eltolás, QR-módszer. Interpolációs és approximációs feladatok: Lagrange- és Hermite-interpoláció, spline interpoláció, Csebisev-approximáció. Kvadrátúraformulák: Newton-Cotes formulák, Gauss-kvadrátúra. Közönséges differenciálegyenletek numerikus módszerei: Euler-módszer, Runge-Kutta módszerek, véges differencia eljárások, végeselem módszer.

#### Irodalom:

Stoyan Gisbert: Numerikus módszerek I, Typotex Kiadó, Budapest, 2002.

Móricz Ferenc: Numerikus analízis I, Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.

Móricz Ferenc: Numerikus analízis II, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1993.

A. A. Szamarszkij: Bevezetés a numerikus módszerek elméletébe, Tankönyvkiadó, Budapest, 1989.

### **TTMBG0210**

#### **Analízis számítógéppel**

**0+3 óra, 0+3 kredit, Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Fazekas Borbála**

**Előfeltétele: TTMBE0203**

A Maple; adattípusok, egyszerű for-ciklusok, függvények megadása. Függvényvizsgálat; folytonosság, határérték, zérushelyek, szélsőértékek, feltételes szélsőértékek. Differenciálás, integrálás és numerikus integrálás. Egyszerű kvadrátúra képletek programozása. Differenciálegyenletek megoldása analitikus módszerekkel és a megoldások megjelenítése. Differenciálegyenletek megoldása numerikus módszerekkel, Runge–Kutta-képletek programozása. Vektorok, mátrixok megadási módjai. Vektor- és mátrixműveletek, mátrixfelbontások. Lineáris egyenletrendszerek megoldása direkt és iteratív módszerekkel. Grafikus eszközök két dimenzióban: ábrák készítése, forgatás, tükrözés, parametrizált görbék. Grafikus eszközök három dimenzióban: kétváltozós függvények, térgörbék, felületek, testek. Animációk készítése, geometriai és fizikai problémák illusztrálása. Görbeillesztés; Lagrange- és Hermite-interpoláció, Bezier-görbék és spline-interpoláció. For-ciklus és while-ciklus, feltételes elágazások. Egyszerű procedúrák írása: prímkeresés, rekurzív függvények, oszthatósági problémák. Összetett procedúrák írása: numerikus differenciálás és integrálás, függvényközelítés, ortogonális polinomok és differenciálegyenletek.

#### Irodalom:

Heck, A.: Bevezetés a Maple használatába, JGYTF Kiadó, Szeged, 1999.

Klincsik M., Maróti Gy.: Maple: nyolc tételben a matematikai problémamegoldás művészetéről, Livermore, Békéscsaba, 2006.

Molnárka Gy., Gergő L., Wettl F., Horváth A., Kallós G.: A Maple V és alkalmazásai, Springer Verlag, Budapest, 1996.

#### **TTMBE0211, TTMBG0211**

##### **Gazdasági matematika**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Mészáros Fruzsina**

**Előfeltétele: TTMBE0204**

Jövőérték és jelenérték számítás, diszkontált jelenérték és befektetési projektek. Költségvetési korlát, a költségvetési egyenes változása, fogyasztói preferenciák, preferenciarendezés. Közömbösségi görbék, helyettesítési határárány, hasznosság, hasznossági függvények, Cobb-Douglas preferenciák, határhaszon. Optimális választás, fogyasztói kereslet, keresleti függvények, inverz keresleti függvény, piaci kereslet, rugalmasság. Állandó rugalmasságú keresletek, rugalmasság és határbevétel, határbevételei görbék, jövedelemrugalmasság. Termelési függvények, helyettesítési határráta. CES tulajdonság, Cobb–Douglas-típusú termelési függvény és tulajdonságai, Arrow–Chenery–Minhas–Solow-típusú termelési függvény. Kétszemélyes játékok egyensúlyi pontjai, legjobbválasz-leképezés, Bertrand- és Cournot-féle duopóliumok játékelméleti modellje. Egyéni és társadalmi preferenciák, társadalmi jóléti függvény. Arrow lehetetlenségi tétele. Konzisztens aggregáció, biszimmetria egyenlet. A jövedelemeloszlás befolyásolása, folyamatos jövedelemáramlás diszkontált jelenértéke, Lorenz-görbe, Gini-együttható. Leontieff-modellek.

##### Irodalom:

Knut Sydsaeter, Peter I. Hammond: Matematika közgazdászoknak, Aula Kiadó, 2006.

Hal R. Varian: Mikroökonómia középfolon, KJK-KERSZÖV Kiadó, 2001.

Zalai Ernő: Matematikai közgazdaságtan, KJK-KERSZÖV Kiadó, 2000.

#### **TTMBG0308**

##### **Komputergeometria**

**0+3 óra, 0+3 kredit, Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Nagy Ábris**

**Előfeltétele: TTMBE0302**

Az ábrázoló geometria analitikus módszerei: vetítések analitikus geometriája, ortogonális és ferde axonometria, centrális projekció, centrál-axonometria. Görbék és felületek modellezése. Hermite-, Bézier-, B-szplájn görbék és felületek. Poliéderek reprezentációja.

##### Irodalom:

Bácsó Sándor, Hoffmann Miklós: Fejezetek a geometriából. EKF Líceum Kiadó, Eger, 2003.

Kurusa Á., Szemők Á.: A számítógépes ábrázoló geometria alapjai, Polygon, 1999.

E. M. Mortensen: Geometric Modeling, Wiley Computer Publishing, 1997.

#### **TTMBE0606, TTMBG0606**

##### **Algoritmusok**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Varga Nóra**

**Előfeltétele: TTMBE0107**

A programnyelvek osztályozása. Többkarakteres szimbólumok. Adattípusok. Utasítás típusok. Ciklusok. Alprogramok. Az algoritmusok szerepe a számításokban. Függvények, függvények rekurzív megadása. Valószínűségi elemzés. Véletlenített algoritmusok. A kupac, kupacrendezés. Gyorsrendezés. Rendezés lineáris időben. Elemi adatszerkezetek.

##### Irodalom:

T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, C. Stein: Új algoritmusok, Sclolar, Budapest, 2003.

Juhász István: Programozás 1 (<http://docplayer.hu/10844109-Juhasz-istvan-programozas-1.html>)

#### **TTMBE0607, TTMBG0607**

##### **Lineáris programozás**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Mészáros Fruzsina**

**Előfeltétele: TTMBE0102**

Lineáris programozási feladatra vezető problémák. Konvex poliéderek extrémális pontjai, szimplex algoritmus

és geometriája, érzékenységvizsgálat. Dualitás. Szállítási és hozzárendelési modell, hálózati modellek. Speciális lineáris programozási modellek.

Irodalom:

Ronert Vanderbei: Linear Programming, Foundations and Extensions, Kluwer Academic Publishers, 1998.

Dimitris Bertsimas, John Tsitsiklis: Introduction to Linear Optimization, Athena Scientific Series in Optimization and Neural Computation, 1997.

Bajalinov Erik, Imreh Balázs: Operációkutatás, Polygon, 2005.

### **TTMBE0608, TTMBG0608**

#### **Nemlineáris optimalizálás**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Páles Zsolt**

**Előfeltétele: TTMBE0204**

Normált és Banach-terek. Lineáris és multilineáris függvények terei. A normált terekbeli differenciálszámítás alapelemei. Gateaux- és Fréchet-derivált és ezek kalkulusa. Erős és folytonos Gateaux- és Fréchet-differenciálhatóság és ezek kapcsolatai. Inverzfüggvény tétel. Szélsőérték problémákra vonatkozó Fermat-elv és Lagrange-féle multiplikátor tétel. Magasabb rendű Gateaux- és Fréchet- differenciálhatóság. Young-tétel és Taylor-tétel. Szélsőérték-problémák másodrendű szükséges és elegendő feltételei. A variációszámítás első rendű alapfeladatai gyenge és erős extrémummal. Funkcionálok deriváltjának kiszámítása. Du Bois–Reymond-lemma. A gyenge extrémum elsőrendű Euler–Lagrange-féle szükséges feltétele, másodrendű szükséges és elegendő feltételei. A variációszámítás magasabb rendű alapfeladatai és az erre vonatkozó Euler–Lagrange-egyenlet. Az erős extrémum Weierstrass-féle szükséges és elegendő feltételei.

Irodalom:

Dacorogna, B.: Introduction to the Calculus of Variations, Imperial College Press, London, 2014.

Durea, M.; Strugariu, R.: An Introduction to Nonlinear Optimization Theory, De Gruyter Open, Berlin, 2014.

Ioffe, A.D.; Tihomirov, V. M.: Theory of Extremal Problems. Studies in Mathematics and its Applications, 6. North-Holland Publishing Co., Amsterdam-New York, 1979.

Jahn, J.: Introduction to the Theory of Nonlinear Optimization, Springer Verlag, Berlin, 2007.

### **TTMBG0403**

#### **Statisztika számítógéppel**

**0+2 óra, 0+2 kredit, Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Sikolya-Kertész Kinga**

**Előfeltétele: TTMBE0401**

Leíró statisztikák, adatvizualizáció, szimulációs technikák, hipotézisvizsgálat, szórásanalízis, regresszióanalízis.

Irodalom:

Bevezetés a matematikai statisztikába (egyetemi jegyzet, szerk.: Fazekas István), Debrecen, 2003.

P. Dalggaard: Introductory Statistics with R. Springer, 2008.

## **Matematikus specializáció kötelező tárgyak**

### **TTMBE0108**

#### **Fejezetek a számelméletből**

**2+1 óra, 4+0 kredit, K**

**Tárgyfelelős: Dr. Varga Nóra**

**Előfeltétele: TTMBE0106**

Diofantikus approximáció és lánc törtek. Lineáris rekurzív sorozatok, a Binet-formula, generátorfüggvények. Pell-egyenletek és kapcsolatuk lánc törtekkel, kvadratikussal számtestekkel és rekurzív sorozatokkal. A megoldáshalmaz szerkezete. Polinomiális diofantikus egyenletek, megoldhatóságuk, a Hasse-elv. A Fermat egyenlet; az  $n=4$  eset részletes tárgyalása. A Fermat egyenlet megoldhatatlansága  $n=3$  esetén. Számelméleti függvények konvolúciója. Számelméleti függvények átlagfüggvénye, a  $d(n)$ ,  $\sigma(n)$ ,  $\varphi(n)$  átlagfüggvénye. Az additív számelmélet elemei. Összehalmazok  $\mathbb{Z}$ -ben és maradékosztály-gyűrűkben. Sidon-halmazok és -sorozatok.

Irodalom:

Freud Róbert, Gyarmati Edit: Számelmélet, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2006.

Erdős Pál, Surányi János: Válogatott fejezetek a számelméletből, Polygon, Szeged, 2004.

Gareth A. Jones, J. Mary Jones: Elementary Number Theory, Springer, London, 2005.

Sárközy András, Surányi János: Számelmélet – feladatgyűjtemény, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.

Melvyn B. Nathanson: Additive Number Theory – Inverse Problems and the Geometry of Sumsets, Springer, 1996.

#### **TTMBE0207, TTMBG0207**

##### **Bevezetés a funkcionálanalízisbe**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Gát György**

**Előfeltétele: TTMBE0204**

Metrikus terek, metrikus topológia, egyenlőtlenségek metrikus térben. Kompakt halmazok metrikus tereken, Hausdorff kompaktsági tétele, következményei. Sűrű halmazok, szeparábilis metrikus terek. Baire kategória tétele és következményei. Stone-tétel és következményei; Weierstrass I. és II. tétele. Szeminormák lineáris téren, tulajdonságaik, a Zorn-lemma. A Hahn–Banach-tétel kiterjesztési alakja és következményei; Banach-limesz, Bohnenblust–Sobczyk-tétel. Normált terek, Banach terek, abszolút konvergens sorok, Schauder bázis. Az lineáris és korlátos lineáris operátorok tere, lineáris operátor folytonosságának és korlátosságának kapcsolata, additív és folytonos operátor homogenitása. A korlátos lineáris operátorok terének teljessége, a Hahn–Banach-tétel lineáris normált terekben. A Hahn–Banach-tétel elválasztási alakja. Nyílt leképezések tétele, Banach tétele a korlátos inverzről. Ekvivalens normák Banach tereken és véges dimenziós lineáris normált tereken, a zárt gráf tétel. Egyenletes korlátosság tétele, Banach–Steinhaus I. és II. tétele, Banach téren értelmezett folytonos lineáris operátorok pontonkénti konvergenciája.

##### Irodalom:

Járai A.: Modern alkalmazott analízis, Typotex Könyvkiadó, 2007.

A. A. Kirillov, A. D. Gvisiani: Feladatok a funkcionálanalízis köréből, Tankönyvkiadó, 1985.

A. N. Kolmogorov, Sz. V. Fomin: A függvényelmélet és a funkcionálanalízis elemei, Műszaki Könyvkiadó, 1981.

Losonczi L.: Funkcionálanalízis I, Tankönyvkiadó, 1982.

Riesz F., Szőkefalvi-Nagy B.: Funkcionálanalízis, Tankönyvkiadó, 1988.

#### **TTMBE0208**

##### **Komplex függvénytan**

**2+1 óra, 4+0 kredit, K**

**Tárgyfelelős: Dr. Nagy Gergő**

**Előfeltétele: TTMBE0203**

Komplex számok, Riemann-féle számgömb, komplex számsorozatok. Komplex számtest teljessége. Lineáris törtfüggvények tulajdonságai, előállítás. Síkbeli tartományok, összefüggőség. Komplex függvények differenciálhatósága, differenciálhatóság kapcsolata a folytonossággal és a műveletekkel. Cauchy-Riemann-egyenletek. Konvergenciátételek hatványsorokra. Hatványsorok differenciálhatósága. Elemi függvények, alapvető tulajdonságaik. Elemi függvények deriváltjai. Pályamenti integrál fogalma, tulajdonságai. Konvergenciátételek pályamenti integrálra. Pálya indexe. Goursat lemma, Cauchy-féle integráltétel lokális és homotóp változata, nullhomotóp görbék. Holomorf függvények primitív függvénye. Lokális hatványsorba fejthetőség. Morera tétel. Cauchy-féle integrálformulák. Cauchy-féle integrálbecslés. Liouville tétel. Az algebra alaptétele. Cauchy-féle integráltétel és integrálformulák homológ változata. Holomorf függvények zérushelyei. Egyértelműségi tétel. Maximum tétel. Taylor-sorok, Laurent-sorok. Analitikus függvények izolált szinguláris helyei. Az izolált szinguláris helyek jellemzői. Casorati–Weierstrass-tétel és megfordítása. A reziduum-tétel, az argumentum elv és a Rouché-tétel.

##### Irodalom:

J. Duncan: Bevezetés a komplex függvénytanba, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1974.

Petruska György: Komplex függvénytan, Tankönyvkiadó, Budapest, 1983.

Száz Árpád: Komplex függvénytan, Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.

Szőkefalvi-Nagy Béla: Komplex függvénytan, Tankönyvkiadó, Budapest, 1966.

#### **TTMBE0305, TTMBG0305**

##### **Nemeuklideszi geometriák**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Szilasi Zoltán**

**Előfeltétele: TTMBE0301, TTMBE0302**

Affin és projektív síkok axiómái. Affin síkok (például az euklideszi sík) projektív bővítése. A dualitás elve. A projektív síkok vektortér-modellje, homogén koordináták. Perspektivitások (centrális vetítések) és projektivitások. Pont- és sugárnégyes kettősvisszonya, a Papposz-Stener tétel. Desargues és Papposz tételei. Teljes négyszög, teljes négyoldal, harmonikus pont- és sugárnégyesek. Kollineációk, a projektív geometria

alaptétele. Centrális kollineációk és alkalmazásai. A valós projektív sík másodrendű görbéi, projektív osztályozás. A Steiner-tétel. Pascal és Brianchon tételei. Pólus és poláris. A párhuzamossági axióma jelentősége, a hiperbolikus geometria felfedezése. A hiperbolikus síkgeometria Cayley-Klein-modellje, a Poincaré-féle körmodell és félsíkmodell. Az egybevágósági transzformációk leírása a modellekben. A hiperbolikus síkgeometria néhány elemi tétele: merőlegesség, háromszög-geometria. Gömbi geometria: távolságmérés a gömbön, gömbháromszögekkel kapcsolatos tételek. Elliptikus metrika.

Irodalom:

Szilasi Zoltán: Bevezetés a projektív geometriába, 2012.  
Szilasi Zoltán: Geometriák és modelljeik, 2012.  
H. S. M. Coxeter: Projektív geometria, Gondolat, 1986.  
Csikós Balázs, Kiss György: Projektív geometria, Polygon, 2011.  
Kurusa Árpád: Nemeuklideszi geometriák, Polygon, 2009.  
Reiman István: Geometria és határterületei, Szalay Kft., 2001.

**TTMBE0306, TTMBG0306**

**Konvex geometria**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Vincze Csaba**

**Előfeltétele: TTMBE0102**

Affin és konvex halmazok, affin és konvex burkoló, az affin és konvex halmazok analitikus leírása. Az affin halmazok struktúratétele. Carathéodory tétele és következményei. A színezett Carathéodory-tétel. A Radon-lemma és Helly tétele. A Helly-tétel alkalmazásai: lefedési tételek. Szeparálási tételek és támaszhipersíkok. A Krein-Milman tétel. Kirchberger szeparálási tétele. Támaszfüggvény és Minkowski-funkcionál. Poláris halmaz. Konvex politópok. Euler poliédertétele. Szabályos testek. A Cauchy-féle merevségi tétel. Konvex függvények analízise: folytonosság és egyoldali iránymenti derivált. A minimumhely létezésének elsőrendű feltétele. A Fermat-pont (izogonális pont) és általánosításai: a Vázsonyi-féle tétel.

Irodalom:

S. R. Lay: Convex Sets and Their Applications, John Wiley & Sons, Inc., 1982.  
R. Schneider: Convex Bodies: The Brunn-Minkowski Theory, Cambridge University Press, 1993.  
A. C. Thompson: Minkowski Geometry, Cambridge University Press, 1996.  
F. A. Valentine: Convex Sets, New York, 1964.  
Vincze Csaba: Convex Geometry, University of Debrecen, 2013, TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0025.

**TTMBE0307, TTMBG0307**

**Bevezetés a topológiába**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Muzsnay Zoltán**

**Előfeltétele: nincs**

Topológia alapvető fogalmai, nyílt és zárt halmazok. Megszámálhatósági axiómák, szeparabilitás. Bázis és lokális bázis, bázisok jellemzése. Topológia konstrukciója. Szétválaszthatósági axiómák. Folytonosság. Teljesen reguláris és normális terek. Urison-lemma, metrikus terek regularitása. Összefüggőség, útösszeüggőség. Térkonstrukciók: altér, faktortér, szorzattér. Kompaktság. Tyihonov tétele kompakt terek szorzatáról. Homotópia, hurkok, fundamentális csoport. Példák.

Irodalom:

Gacsályi Sándor: Bevezetés az általános topológiába (jegyzet)  
J. L. Kelley: General Topology. 1957, Princeton.  
V. G. Boltyanskij, V. A. Jefremovics: Szemléletes topológia, Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.  
E. M. Patterson: Topológia, Tankönyvkiadó, Budapest, 1974.

**TTMBE0603, TTMBG0603**

**Halmazelmélet és matematikai logika**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Figula Ágota**

**Előfeltétele: TTMBE0201**

Naiv és axiomatikus halmazelmélet. Halmazok megadása, halmazműveletek, hatványhalmaz. Halmazok ekvivalenciája. Számosságok és összehasonlításuk, műveletek számosságokkal. Kiválasztási axióma. Rendezett halmazok, hasonlóság, rendtípusok. Jólrendezett halmazok, tulajdonságai, rendszámok és összehasonlításuk. Transzfinit indukció és rekurzió. Kiválasztási axióma ekvivalensei. Jólrendezési tétel. Számosságok tulajdonságai. A számosságok aritmetikájának alaptétele. A hatványfüggvény tulajdonságai. Kijelentéslogika, az



ítéletkalkulus formulái, igazságfüggvényük. Konjunktív és diszjunktív normálforma. Elsőrendű nyelvek. Struktúrák, formulák igazsága. Helyettesítés. A következmény fogalma. Prenex alak. A levezethetőség fogalma. Modellelméleti alapfogalmak. Löwenheim-Skolem-tételek. Gödel kompaktsági tétele. Alkalmazások. Rekurzív függvények. Church és Gödel tételei.

Irodalom:

Hajnal András, Hamburger Péter: Halmazelmélet. Tankönyvkiadó, 1983.

Komjáth Péter: Halmazelmélet, egyetemi jegyzet, Budapest, 2007.

Csirmaz László: Matematikai logika. egyetemi jegyzet, Budapest, 1994.

Ruzsa Imre: Bevezetés a modern logikába. Osiris Kiadó, Budapest, 2001.

Urbán János: Matematikai logika. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983 (példatár).

P. R. Halmos, L. E. Sigler: Elemi halmazelmélet. Halmazelméleti feladatok. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981.

Totik Vilmos: Halmazelméleti feladatok és tételek. Polygon, Szeged, 1997.

H. D. Ebbinghaus, J. Flum, W. Thomas: Mathematical Logic. Springer, 1984.

**TTMBG0604**

**Bevezetés a matematikai programcsomagok használatába**

**0+2 óra, 0+2 kredit, Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Tengely Szabolcs**

**Előfeltétele: TTMBE0102, TTMBE0202**

A SageMath programcsomag segítségével a matematika több területéről (algebra, analízis, gráfelmélet, kombinatorika, számelmélet) származó érdekes problémák megoldása, szemléltetése.

Irodalom:

Gregory V. Bard: Sage for Undergraduates

**TTMBE0605, TTMBG0605**

**Bonyolultságelmélet**

**2+2 óra, 3+2 kredit, K+Gy**

**Tárgyfelelős: Dr. Pongrácz András**

**Előfeltétele: TTMBE0107**

Rendezési algoritmusok, dinamikus programozás. Gráfok adatszerkezetei, alapvető gráfalgoritmusok. Véges automaták, reguláris nyelvek. Pumpálási lemma. Turing-gépek, Univerzális Turing-gép, diagonalizálás. A megállási probléma. Algoritmikus visszavezetés, Rice-tétel. A dominóprobléma eldönthetlensége. RAM gép és Turing-gép ekvivalenciája. Tár- és időbonyolultsági osztályok. Effektív Church-Turing tézis. Lineáris gyorsítási tétel, hézag-tétel. Nemdeterminisztikus Turing-gépek és bonyolultsági osztályok, kapcsolatuk. Orákulumos Turing-gép, Savitch tétele. Tanú és tanúnyelv fogalma. NP két definíciója, azok ekvivalenciája. Polinomiális visszavezetés, NP-teljesség. Cook tétele SAT és 3-SAT NP-teljességéről. SAT-3 NP-teljes, 2-SATeP. 3-színezhetőség. Néhány további klasszikus kombinatorikai probléma NP-teljessége. A részletösszeg probléma. Hamilton-kör keresése gráfokban és az utazó ügynök probléma. Véletlen algoritmusok, Schwartz-lemma, alkalmazások.

Irodalom:

Lovász László: Algoritmusok bonyolultsága. 2014, Typotex.