

sárga háttér=új címe a kurzusnak

zöld háttér=törölendő kurzusok

piros betűszín: új kurzusok

kék háttér=egyéb módosítás

Matematika Doktori Iskola

Tudományág megnevezése: matematikai és számítástudományok

Képzési forma: doktori (Ph.D.) képzés

Képzési cél: a tudományos fokozat megszerzésére való felkészítés, felsőoktatási gyakorlat megszerzése

Képzési idő: 8 félév

Tagozat: nappali

Finanszírozás: államilag támogatott ill. költségtérítéssel képzés

A képzésbe történő belépés követelménye: mesterfokozat és sikeres felvételi vizsga

Nyelvi követelmények (a fokozat megszerzéséhez): Legalább középfokú nyelvvizsga angol nyelvből, valamint legalább alacsonyabb szintű nyelvvizsga egy másik idegen nyelvből. A matematikadidaktika program doktoranduszai számára - ha a kutatási terv alapján német, vagy francia nyelv ismerete szükséges, akkor - ez kiváltható német, illetve francia nyelvből legalább középfokú és angol nyelvből legalább alacsonyabb szintű nyelvvizsgákkal.

A képzés zárul:

Első két év (I): 108 kredit és komplex vizsga

Második két év (II): a 240 kreditből hiányzó kredit, abszolutórium

Az abszolutóriumhoz szükséges kreditek száma: 240

Kreditszerzés módjai/moduljai: tanulmányi kredit (**72+24**), kutatási kredit (**36+40**), továbbá konferenciákon, workshopokon való aktív részvételért, illetve publikációkért kapható kredit, beszámolóért kapható kredit (**10+30**), oktatási kredit (4 kredit kurzusonként).

A doktori iskolai képzés felelőse: Dr. Jordán Tibor, a doktori iskola vezetője

A Doktori Iskola oktatási programjai

Elméleti Matematika

Programfelelős: Dr. Szőnyi Tamás

Alkalmazott Matematika

Programfelelős: Dr. Karátson János

Matematikadidaktika

Programfelelős: Dr. Vancsó Ödön

A Matematika Doktori Iskola oktatási programjainak ismertetése

- I. ELMÉLETI MATEMATIKA DOKTORI PROGRAM
- II. ALKALMAZOTT MATEMATIKA DOKTORI PROGRAM
- III. MATEMATIKADIDAKTIKA DOKTORI PROGRAM

Képzési/Tanulmányi modul (megszerezendő kredit: 48 + megszerelhető: 24):

MAT/001 Algebrák reprezentációelmélete I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/002 Algebrák reprezentációelmélete II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/003 Fejezetek a homológikus algebrából (régi cím: Homológikus algebra)
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/004 Algebrái logika
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/008 Pénzügyi folyamatok elemzése 4.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/009 Többváltozós statisztikai módszerek
12 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/10 Internetszeminárium-Analitikus félcsoportok
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/11 Invariáns altér probléma
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/12 Kiegészítő fejezetek a funkcionálanalízisből
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/13 Operátorfélcsoportok Hilbert térben I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/14 Parabolikus maximális regularitas
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/15 Szemikonkáv függvények
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/18 Konvex testek és rácspontok I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/19 Konvex testek és rácspontok II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/20 Matematikai programozás és konvex geometria I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/21 Matematikai programozás és konvex geometria II.

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/22 Fejezetek a topológiából
kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/23 Diszkrét geometria I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/24 Diszkrét geometria II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/25 Diszkrét geometria III.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/26 Kombinatorikus geometria I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/27 Kombinatorikus geometria II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/28 Diszkrét dinamikus rendszerek
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/29 Ergodelmélet
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/30 Fejezetek a dinamikus rendszerekből I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/31 Kvaziuniform terek
6kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/32 Topogenitások
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/33 A nyálábok és konnexiók általános elmélete
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/34 Algebrai görbék
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/35 Lie-csoportok
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/36 Nem-sztenderd analízis
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/37 Bevezetés az információelméletbe
6kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/38 Információelméleti módszerek a statisztikában
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/39 Nemlineáris optimalizálási módszerek
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

- MAT/40 Az újkori analízis története
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/41 Differenciálszámítás Banach-terekben
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető
- MAT/42 Topologikus vektorterek I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető
- MAT/43 Bioinformatika Journal Club
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/44 Geometriai algoritmusok
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető
- MAT/45 Kombinatorikus geometria szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/46 Kombinatorika szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/48 Térbeli illeszkedések
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető
- MAT/50 Approximáció elmélet szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/51 Modern analízis szeminárium
6kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/52 Kockázattértékelés operációkutatási modelljei
6kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/53 Lineáris programozási programcsomagok
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/54 LP programcsomagok
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/55 Operációkutatási programcsomagok
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/56 Szimuláció
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/57 Sztochasztikus programozás
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/60 Algebrai topológia III.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető
- MAT/61 Algebrai topológia IV.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/62 Algebrai topológia V.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/63 Algebrai topológia VI.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/64 Differenciáltopológia I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/67 Diszkrét geometria IV.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/68 Geometria szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/69 Lie-csoportok és Lie-algebrák I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/70 Lie-csoportok és Lie-algebrák II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/71 Egerváry szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/72 Gráfelmélet
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/73 Kombinatorikus optimalizálási struktúrák
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/74 Matroidelmélet
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/75 Poliéderek kombinatorika
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/76 Értékelésmélet
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/77 Gráfok és algebrák I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/81 Algebrai kutatás szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/82 WWW speciál előadás
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/83 Befektetések elemzése
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/84 Döntésanalízis
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/85 Makrogazdaságtan és egyensúlyelmélet

6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/86 Operációkutatási modellek
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/87 Pénzügyek menedzselése
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/88 Többcélfüggvényű optimalizálás
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/90 Algebrai módszerek a geometriában
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/91 Leszámláló kombinatorika
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/92 Szimmetrikus struktúrák
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/96 Kvantumszámítógépek
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/97 Válogatott fejezetek, elosztott számítások
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/98 Válogatott fejezetek, PCP, approximálhatatlanság
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/99 Extremális gráfelmélet
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/100 Válogatott fejezetek: Extremális gráfelmélet
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/101 Approximációelmélet
6kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/103 Komplex függvénytan szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/104 Riemann felületek EA.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/106 Nyelvek és automaták
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/107 Adattudomány és gépi tanulás szeminárium (régi cím: Adatbányászat szeminárium)
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/108 WWW és hálózatok matematikája
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/109 Analitikus konvexitás I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

- MAT/110 Analitikus konvexitás II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető
- MAT/111 Kombinatorikus konvexitás I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető
- MAT/112 Kombinatorikus konvexitás II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető
- MAT/113 Kombinatorikus konvexitás III.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető
- MAT/115 A lineáris programozás belső pontos módszerei
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető
- MAT/117 Folytonos optimalizálás
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/118 Játékelmélet
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/120 Lineáris programozás I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/121 Lineáris programozás II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/123 Nemlineáris optimalizálás II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/124 Nemlineáris programozás I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/125 Nemlineáris programozás II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/130 Véges elem módszerek alkalmazása
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető
- MAT/131 Approximációs algoritmusok
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/132 Kombinatorikus algoritmusok I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/133 Kombinatorikus algoritmusok II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/134 Kombinatorikus struktúrák és algoritmusok feladatmegoldó szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/135 Ütemezésméletek
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

- MAT/138 Extremális halmazrendszerek
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/139 Extremális kombinatorika
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető
- MAT/140 Keresés és kommunikációs komplexitás
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/141 Kriptológia
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/142 Valós függvénytan feladatmegoldó szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/143 Valós függvénytan III.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető
- MAT/144 Valós függvénytan IV.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető
- MAT/145 Valós függvénytan kutatószeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/146 Kombinatorikai struktúrák klasszifikációja szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/147 Kombinatorikai struktúrák klasszifikációja MXXN9C40
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető
- MAT/148 Algoritmikus geometria I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető
- MAT/149 Algoritmikus geometria II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető
- MAT/150 Egészértékű programozás
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető
- MAT/151 Adatstruktúrák
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető
- MAT/152 Alkalmazott diszkrét matematika szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/153 Bonyolultságelmélet
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető
- MAT/154 Számítástudomány szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető
- MAT/155 Véges geometria
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/156 Véges geometriai szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/157 Fejezetek a halmazelméletből
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/158 Halmazelmélet 2.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/159 Halmazelmélet 4.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/161 Matematika problémamegoldó szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/162 Makrogazdaságtan
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/163 Életbiztosítás
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/164 Absztrakt integrálelmélet
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/166 Banach-algebrák
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/167 C^* -algebrák
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/168 Felületi mértékek
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/169 Geometriai funkcionálanalízis
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/170 Harmonikus analízis I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/171 Harmonikus analízis II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/172 Modellezés alapjai
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/173 Topologikus vektorterek II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/174 Valós függvénytan I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/175 Valós függvénytan II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/177 Általános differenciálgeometriai struktúrák

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/178 Differenciálformák

6kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/179 Bonyolultságelmélet II.

6kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/180 Gráf-homomorfizmusok I.

6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/183 Topológiai és egyéb módszerek a gráfelméletben

6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/184 Válogatott fejezetek a gráfelméletből szeminárium

6kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/185 Véletlen struktúrák és alkalmazások

6kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/186 Adatbányászat

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/187 Lie-csoportok reprezentációi

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/188 Lie-csoportok, algebrai csoportok

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/189 Idősorok elemzése 1.

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/190 Idősorok elemzése 2.

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/193 A modellezés alapjai

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/194 A téridő struktúrája

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/197 Független változók határeloszlás-tételei

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/198 Stacionárius folyamatok paramétereinek becslése

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/199 Kockázati folyamatok

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/200 Markov-láncok

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/206 Tömegkiszolgálási rendszerek

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/207 Véletlen mátrixok sajátértékeinek eloszlása
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/208 A matematikai statisztika alapjai 1.
9 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/209 A matematikai statisztika alapjai 2.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/210 Élettartam-adatok elemzése
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/211 Martingálelmélet
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/213 Hálóelmélet
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/214 Algebra szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/215 Lie-algebrák
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/216 Lie-típusú egyszerű csoportok
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/217 p -csoportok
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/218 Permutációcsoportok
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/220 Csoportkarakterek alkalmazásai
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/222 Fejezetek a csoportelméletből
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/223 Fejezetek a gyűrűelméletből
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/224 Kommutatív algebra
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/225 Sporadikus egyszerű csoportok
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/226 Operátorfélcsoportok Hilbert térben II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/227 Sztochasztikus modellek
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/229 Független növekményű, stacionárius és Markov-folyamat
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/230 Sztochasztikus analízis
9 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/233 A kombinatorikus optimalizálás műszaki alkalmazásai
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/234 Analízis kutatói szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételtető

MAT/235 Bevezetés a potenciálméletbe
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/236 Számelmélet szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételtető

MAT/237 Modellemélet I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/238 Modellemélet II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/239 Additív számelmélet
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/240 Exponenciális összegek a számelméletben
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/241 Kombinatorikus számelmélet
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/242 Számítógépes számelmélet
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/243 Nemkorlátos operátorok Hilbert- térben
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételtető

MAT/244 Operátor kiterjesztések
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételtető

MAT/245 Geometriai függvénytan
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/246 Speciális függvények
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/247 Végtelen dimenziós dinamikai rendszerek kvalitatív elmélete
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/248 Lineáris parciális differenciálegyenletek
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételtető

MAT/249 Nemlineáris parciális differenciálegyenletek

6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/250 Parciális differenciálegyenletek elmélete I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/251 Parciális differenciálegyenletek elmélete II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/256 Alacsony dimenziós sokaságok topológiája
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/257 Bevezetés az univerzális algebraiba
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/258 Fejezetek az univerzális algebrából
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/259 Adattömörítés
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/260 Kriptográfia
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/261 Analitikus számelmélet
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/262 Algebrai geometria és differenciátopológia
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/263 Galois elméletek a matematikában
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/265 Differenciálgeometriai feladatok és problémák
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/266 Fizika és Geometria
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/267 Hajós szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/268 Riemann- sokaságok I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/269 Riemann- sokaságok II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/270 Alkalmazott titkosítás szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/271 Nemlineáris funkcionálanalízis
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/273 Komplex sokaságok

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/274 Többváltozós komplex függvények
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/275 Hibajavító kódok
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/276 Leszámlálások
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/277 Szimmetrikus kombinatorikai struktúrák
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/278 Válogatott fejezetek (Hibajavító kódok)
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/279 Differenciátopológia III.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/280 Extraordinális kohomológiaelméletek
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/281 K-elmélet és kobordizmus
6kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/282 Sima leképezések globális tulajdonságai
6kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/283 Szingularitáselmélet
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/284 Topológia szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/288 Algoritmikus problémák pontrácsokon
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/289 Bonyolultságelmélet III.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/290 Transzformációcsoportok és szimmetrikus terek
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/291 A 3D grafika geometriai alapjai
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/292 Geometriai modellezés
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/293 Matematikatörténet
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/294 Diszkrét matematikai modellek

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/296 Egészértékű programozás II.
6kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/299 Mikrogazdaságtan
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/301 Termelésirányítás
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/304 Környezeti adatok statisztikai elemzése
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/306 Indukált unitér ábrázolások
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/307 Hitelkockázat 1.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/308 Abszolútumok
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/309 Komplex dinamika II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/310 Moduláris formák
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/312 Character theory of finite groups
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/313 Geometric graph theory
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/314 Algebrai és valószínűségi módszerek a gráfelméletben
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/315 Interaktív bizonyítások
6 kredit, elmélet, kötelezően választható, nem ismételhető

MAT/316 Gráfok és algebrák II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/317 Invariánselmélet
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/318 Véges egyszerű csoportok
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/319 Bevezetés a funkcionálanalízisbe
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/320 Spektrálszintézis Abel-csoportokon

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/321 Intervallumrendszerek kombinatorikája
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/322 Hitelkockázat 2.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/323 Bevezetés a véges geometriába
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételtető

MAT/324 Konvex testek térfogatáról
3 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/325 Nemlineáris parciális differenciálegyenletek II.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/326 Válogatott fejezetek a dinamikai rendszerek elméletéből
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/ 327 Elliptikus görbék
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/328 Differenciálszámítás normált terekben
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/329 Additív kombinatorika I.
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/330 Polinombecslések
2 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/331 Brauer csoportok
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/332 Forszolás
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/333 Halmazelmélet és valós függvénytan
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/334 Perkolációelmélet
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/335 Geometriai analízis szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételtető

MAT/336 Gráfok és szerkezetek merevségének kombinatorikus vizsgálata
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/337 Parciális differenciálegyenletek irányításelmélete
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/338 A kanonikus felcserélési reláció algebrája

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/339 Additív kombinatorika II.

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/340 Halmazelmélet szeminárium

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/341 Algoritmikus kérdések a bioinformatikában

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/342 Geometriai mértékelmélet

6 kredit, gyakorlat, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/343 Geometriai mértékelmélet

9 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/344 Leíró halmazelmélet szeminárium

6 kredit, gyakorlat, nem kötelező, ismételhető

MAT/345 Leíró halmazelmélet előadás

9 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/346 Leíró halmazelmélet

6 kredit, gyakorlat, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/347 Dinamikai rendszerek

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/348 Komplex dinamika I.

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/349 Bioinformatika

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/350 Additív kombinatorika II.

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/351 Analytic Semigroups

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/352 Analitikus operátor-félcsoportok

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/353 Harmonikus analízis, a szimmetria tudománya

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/354 Mátrixanalízis

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/356 Sztochasztikus kölcsönható részecskerendszerek

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/357 Statisztikus fizika matematikai módszerei

6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/358 Ergodelmélet és dinamikai rendszerek
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/359 Általános biztosításmatematika
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/360 Riemann-geometria
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/361 Fejezetek a differenciálgeometriából
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/362 Differenciálgeometria és fizika szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételtető

MAT/363 Lie-csoportok és szimmetrikus terek
10 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/364 Lie-csoportok és szimmetrikus terek
6 kredit, gyakorlat, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/365 Valószínűségi módszerek a konvex geometriában
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/366 Riemann-geometria
6 kredit, gyakorlat, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/367 Large networks seminar
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételtető

MAT/368 Operátorfélcsoportok
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/369 Evolúciós egyenletek
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételtető

MAT/370 Dinamikai rendszerek és differenciálegyenletek
12 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/371 Időfüggő parciális differenciálegyenletek numerikus módszerei és alkalmazásai
12 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételtető

MAT/372 Matematikai modellalkotás
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételtető

MAT/373 Funkcionálanalízis
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/374 Közönséges differenciálegyenletek numerikus módszerei
9 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/375 Algoritmuselmélet
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételtető

MAT/376 Operátorfélcsoportok és numerikus analízis
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/377 Csoportok és gráfok
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/378 Algebrai számelmélet (régí cím: Algebrai számelmélet I.)
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/379 Válogatott fejezetek az aritmetikai geometriából (régí cím: Algebrai számelmélet II.)
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/380 Lie-elmélet alkalmazásokkal
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/381 Analízis szeminárium
6 kredit, elmélet, nem kötelező, ismételhető

MAT/382 Leszámlálás - az algebrai geometria találkozik a topológiával
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/384 Ekvivariáns kohomológia
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/385 Algebrai és differenciáltopológia EA
12 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/386 Algebrai és differenciáltopológia GY
6 kredit, gyakorlat, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/387 Riemann felületek geometrizálása
6 kredit, gyakorlat, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/388 Innovatív numerikus integrálások
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/389 Időfüggő parciális differenciálegyenletek numerikus megoldása
6 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/390 Fejezetek a gyűrűelméletből
4 kredit, elmélet, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/391 Additív kombinatorika
6 kredit, gyakorlat, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/392 Stacionárius folyamatok
6 kredit, gyakorlat, nem kötelező, nem ismételhető

MAT/393 Dinamikai rendszerek és differenciálegyenletek I.
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/394 Dinamikai rendszerek és differenciálegyenletek II.
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/395 Folytonos optimalizálás szeminárium
6 kredit, elmélet, választható, ismételhető

MAT/396 Multiplikatív számelmélet
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/397 Pénzügyi folyamatok elemzése 1.
6 kredit, elmélet, választható

MAT/398 Sztochasztikus folyamatok
9 kredit, elmélet, választható

MAT/399 Operátorfélcsoportok a numerikus analízisben
6 kredit, elmélet, választható

MAT/401 A matematikadidaktika alapkérdései
6 kredit, elmélet, kötelező, ismételhető

MAT/402 A matematikai problémamegoldás tanításának néhány alapkérdése
6 kredit, gyakorlat, választható, ismételhető

MAT/403 Kutatási módszerek a matematikadidaktikában
6 kredit, gyakorlat, kötelező, nem ismételhető

MAT/404 Módszertani kutatások: változó feladatkultúra
6 kredit, gyakorlat, választható, nem ismételhető

MAT/405 Bevezetés a valóságközeli szituációk alkalmazásának didaktikájába
6 kredit, gyakorlat, választható, nem ismételhető

MAT/406 Egyetemi matematika az iskolában
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/407 Bevezetés a Bayes-statisztikába didaktikai szemmel
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/408 A klasszikus és Bayes-statisztika oktatási lehetőségei történeti háttérrel
6 kredit, gyakorlat, választható, nem ismételhető

MAT/409 Kombinatorika és valószínűség-számítás tanítása a középiskolában
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/410 A matematika filozófiája és megjelenése a matematika didaktikában
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/411 Komplex matematikaoktatási és Varga Tamás I.
6 kredit, elmélet, választható, **kötelezőre módosul**, nem ismételhető

MAT/412 Komplex matematikaoktatási és Varga Tamás II.
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/413 A matematikatudomány története I.
6 kredit, elmélet, **kötelező**, **választhatóra módosul**, nem ismételhető

MAT/414 A matematikatudomány története II.

6 kredit, elmélet, kötelező, **választhatóra módosul** nem ismételhető

MAT/415 Az indirekt genetikus módszer I. Logaritmus, valós-szám-fogalom
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/416 Az indirekt genetikus módszer II. Eudoxosztól Dedekindig, valósszám-fogalom
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/417 Az indirekt genetikus módszer III. Mérés, mérték és integrál
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/418 Az indirekt genetikus módszer IV. A legjobb lineáris approximáció mint „fundamental idea”
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/419 Média és matematika
6 kredit, gyakorlat, választható, nem ismételhető

MAT/420 Tankönyv és taneszköz fejlesztés
6 kredit, gyakorlat, választható, ismételhető

MAT/421 További fejezetek a sztochasztikus analízisből
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/422 Pénzügyi kockázatok elemzésének matematikája
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/423 Áringadozások
12 kredit, elmélet, gyakorlat, választható, nem ismételhető

MAT/424 Elliptikus parciális differenciálegyenletek numerikus módszerei és alkalmazása I.
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/425 Elliptikus parciális differenciálegyenletek numerikus módszerei és alkalmazása II.
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/426 Kamatlábmodellek
9 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/427 Pénzügyi folyamatok elemzése 2.
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/428 Speciális sztochasztikus folyamatok
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/429 Dinamikai rendszerek és fraktálok feladatmegoldó szeminárium
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/430 Lineáris operátorok és relációk Hilbert téren
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/431 Analitikus fejezetek a komplex függvénytanból
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

MAT/432 Geometriai fejezetek a komplex függvénytanból

6 kredit, elmélet, választható, nem ismételtető

MAT/433 Válogatott fejezetek az analízisből
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételtető

MAT/434 Játékelmélet II.
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételtető

MAT/435 Algoritmusok és adatstruktúrák tervezése, elemzése és implementálása I.
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételtető

MAT/436 Kéveelmélet
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételtető

MAT/437 Gráfelmélet
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételtető

MAT/438 Innovatív integrátorok nemlineáris differenciálegyenletek numerikus megoldására
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételtető

MAT/439 Algebrai és számelméleti feladatok háttere
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételtető

MAT/440 Fejezetek a funkcionálanalízis és parciális differenciálegyenletek elméletéből
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételtető

MAT/441 Nemlineáris parciális differenciálegyenletek vizsgálata a gyenge konvergencia módszerével
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételtető

MAT/442 Algebrai geometria és alkalmazásai
6 kredit, elmélet, választható, ismételtető

MAT/443 Dinamikai rendszerek és Ergodelmélet feladatmegoldó szeminárium
6 kredit, gyakorlat, választható, ismételtető

MAT/444 Farkas Miklós Szeminárium
6 kredit, gyakorlat, választható, ismételtető

MAT/445 Komplex sokaságok és deformációelméletük
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételtető

MAT/446 Véletlen gráfok
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételtető

MAT/447 Matematikadidaktikai szakszöveg-olvasó szeminárium
6 kredit, gyakorlat, választható, **kötelezőre módosul**, ismételtető

MAT/448 Magyar matematikaoktatási hagyományok
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételtető

MAT/449 Francia didaktikai elméletek
6 kredit, gyakorlat, választható, nem ismételtető

MAT/450 A gépi tanulás matematikai alapjai
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételtető

MAT/451 Algoritmikus gondolkodás a matematikában
6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

ÚJ KURZUSOK 2021 03 24

MAT/452 Rényi-ELTE-BME doktorandusz szeminárium

6 kredit, elmélet és gyakorlat választható, ismételhető
XN55FO – ifj. Böröczky Károly

Tárgy rövid leírása:

A két matematika doktori iskola – BME és ELTE - hallgatói számára közös szeminárium, melyen a matematika különböző területeivel és modern kutatási témákkal ismerkedhetnek meg. A szeminárium a Rényi Intézetben zajlik, ahol külföldi és hazai vezető kutatók tartanak előadásokat a doktoranduszoknak.

MAT/453 Csoportok és reprezentációik

6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető
AZ1CJR - Pálffy Péter Pál

Tárgy rövid leírása:

- Csoportosítás, permutációcsoport, automorfizmuscsoport. Szemidirekt szorzat. Sylow-tételek.
- Véges p -csoportok. Nilpotens csoportok. Feloldható csoportok, Hall-tételek.
- Szabad csoportok, prezentációk, varietások. Nielsen-Schreier-tétel.
- Abel-csoportok. A végesen generált Abel-csoportok alaptétele. Torziómentes csoportok.
- Lineáris csoportok és lineáris reprezentációk. Féligegyszerű modulusok és algebrák.
- Irreducibilis reprezentációk. Karakterek, ortogonalitási relációk. Indukált reprezentációk, Frobenius-reciprocitás, Clifford-tételek.

Irodalom

D.J.S. Robinson: A course in the theory of groups, Springer, 1993
I.M. Isaacs: Character theory of finite groups, Academic Press, 1976

MAT/454 Gyűrűk és algebrák

6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető
LL94QV- Ágoston István

Tárgy rövid leírása:

- Asszociatív gyűrűk és algebrák. Konstruációk: polinomok, formális hatványsorok, lineáris operátorok, csoportalgebrák, gráfalgebrák, szabad algebrák, tenzoralgebrák, külső algebrák.
- Struktúraelmélet. Primitív gyűrűk, sűrűségi tétel, Jacobson-radikál, kommutativitási tételek.
- Modulusok direkt fölbonthatásai, Azumaya tétele. Láncföltételek, injektív modulusok. Hopkins és Levitzki tétele.

- Kategóriák, funktorok. Példák az algebrából és a topológiából. Természetes homomorfizmusok. Kategorikus ekvivalencia fogalma. Kovariáns és kontravariáns funktorok. A Hom és a tenzor funktorok alaptulajdonságai (nem kommutatív gyűrűkre is). Adjungált funktorok. Additív kategóriák, egzakt funktorok. Funktorok egzaktsága, projektív, injektív és lapos modulások. Morita-elmélet.
- Artin gyűrűk általánosításai: szemiperfekt és perfekt gyűrűk.
- Homologikus algebra. Lánckomplexusok, homológiacsoportok, lánchomotópia. Topologikus és algebrai példák. Homológiacsoportok hosszú egzakt sorozata

Irodalom:

Anderson, F.–Fuller, K.: Rings and categories of modules, Springer, 1974, 1995
Lam, T.Y.: A first course in non-commutative rings, Springer, 1991

MAT/455 Mély tanulás

6 kredit, elmélet és gyakorlat, választható, nem ismételtető
N3XVCV - Lukács András

Tárgyleírás:

Deep Learning alapfogalmak: gradiens módszer és back propagation. Konvolúciós hálózatok. Mély hálók: batch normalization, ResNet. Generatív modellezés: autoenkóder, Variational Autoencoders, Generative Adversarial Networks. Természetes nyelv feldolgozás (NLP), reprezentációk.

Rekurrens hálózatok, LSTM, GRU. Attention, Transformer, BERT. Megerősítéses tanulás. Self-supervised learning. Deep Learning programozási alapismeretek, Tensorflow, Keras, Pytorch.

Irodalom:

Goodfellow, Ian, Yoshua Bengio, and Aaron Courville. Deep Learning. MIT Press, 2016.
<https://www.deeplearningbook.org/2020>. <https://d2l.ai/>

Aston Zhang, Zachary C. Lipton, Mu Li, and Alexander J. Smola. Dive into Deep Learning.

MAT/456 : A matematikai problémamegoldás tanításának elméleti és gyakorlati alapkérdései

6 kredit, elmélet és gyakorlat, választható, nem ismételtető
GJ39DD - Ambrus Gabriella habil adjunktus
VBC88Z - Ambrus András nyug egyetemi docens

Tárgy rövid leírása:

Probléma megoldási modellek: Pólya féle modell, Mason féle modell, Hattie féle modell.

Probléma megoldási stratégiák: célirányos gondolkodás, fordított irányú gondolkodás, szisztematikus próbálkozás. Heurisztikus elvek: indukción, analógia, általánosítás, ismeretlen probléma visszavezetése egy ismertre, invariancia elv, eset megkülönböztetés, optimalizálás elve, speciális esetek vizsgálata, szimmetria elv, különböző reprezentációk használata.

Zárt feladatok, nyitott feladatok.

Sémaalapú probléma-megoldás tanítás.

Egy feladat többféle megoldás. Egy feladat több megoldás.

Metakogníció – a tanuló saját tudásáról való tudás fejlesztése. Önálló kérdés felvetés, önálló

magyarázatok, önálló tervezés, önálló monitorizálás, önálló kontrolltechnikák kifejlesztése, alkalmazása.

Kognitív terhelés és a matematikai problémamegoldás.

Kooperatív oktatási technikák a matematikai problémamegoldás tanításában

Néhány oktatási kísérlet a matematikai problémamegoldás tanításával kapcsolatban.

Kosztolányi József, Barczy Kriszta, Pintér Klára PhD dolgozata

Szakirodalom:

Ambrus András: Bevezetés a matematikadidaktikába. Egyetemi jegyzet. ELTE Eötvös Kiadó Budapest 2004

Stein (ed.) A Life's time for mathematics education and problem solving. WTM Münster 2017 Barczy

K, A. Schoenfeld, J. Sweller, J. Mason, D. Tall, S. Vinner, O. Chapman cikkek

Barczy Kriszta: Developing Mathematical Problem Solving Abilities and Skills With Cooperative Teaching Techniques. PhD értekezés Debrecen 2016

Kosztolányi József: A probléma megoldási stratégiák tanításáról. PhD értekezés Debrecen. 2006

Pintér Klára: A matematikai problémamegoldás és problémaalkotás tanításáról. PhD értekezés Szeged 2012. Internet

Pólya György: A gondolkodás iskolája. Gondolat Kiadó Budapest 1977

Pólya György: A problémamegoldás iskolája I.- II. Tankönyvkiadó Budapest 1967 – 68

MAT/457 A matematika tanítása és a média, szeminárium

6 kredit, gyakorlat, választható, ismételhető

IC10YJ Vancsó Ödön

UB874L, Korándi József

Tárgy rövid leírása:

A médiumok egyre nagyobb szerepet játszanak az iskolai tanításban is. A kurzus során áttekintjük a mai közoktatásban jelenlévő, illetve használt médiumokat, majd konkrét forrásokat elemezve vizsgáljuk meg ezek szerepét és használhatóságát. A szeminárium egy hallgatói mikro-kutatással és saját elemzéssel zárul.

Irodalom:

– David Buckingham: Médiaoktatás - Kommunikáció és média (Új Mandátum Könyvkiadó, 2005)

– Megan Poore: Hogyan használjuk a közösségi médiát az oktatásban? (Wolters Kluwer kiadó, 2015)

– Dr. Ceglédi István: Kompetenciaalapú matematikaoktatás (EKF TTK, 2011)

– Paksi Borbála– Schmidt Andrea: Pedagógusok új infokommunikációs technológiák használatával kapcsolatos tapasztalatai és vélekedései (Educatio 26 , 2017)

– Stonawski Tamás: A digitális média alkalmazása a tanulói kreativitás, problémamegoldás és önálló kísérletezés fejlesztésére általános és középiskolában (Doktori értekezés, ELTE TTK, 2015)

MAT/458 A bizonyítás elmélete és gyakorlata, szeminárium

6 kredit, gyakorlat, választható, ismételhető

IC10YJ Vancsó Ödön

UB874L, Korándi József

Tárgy rövid leírása:

A kurzus során a hallgatók megismerkednek a bizonyítás általános elméletével, ezen belül a matematikai bizonyítás fogalmával és történetével. Megvizsgáljuk a matematika órákon alkalmazott bizonyítási technikákat matematikai és didaktikai szempontból is. A kurzus végén a hallgatók egy írásműben elemzik egy matematika témakör bizonyításait.

Tematika:

- A bizonyítás fogalma
- A bizonyítás ismeretelméleti kérdései
- Általános bizonyítási technikák
- A matematikai bizonyítás
 - o axiomatika
 - o kétértékű logika o Brouwer és a matematikai intuicionizmus
- Bizonyítás a matematika tanítása során
 - o a bizonyítási igény felkeltése
 - o a bizonyítás fogalmának változása
 - o tételek megsejtésére alkalmas eljárások
 - o bizonyítási technikák

Irodalom

- Ambrus András: Bevezetés a matematikadidaktikába (ELTE TTK Egyetemi jegyzet)
- Lakatos Imre: Bizonyítások és cáfolatok (Typotex Kiadó, 2011)
- Skemp R.: A matematikatanulás pszichológiája (Edge Kiadó, 2005)
- Panu Raatikainen: Conceptions of Truth in Intuitionism (History and Philosophy of Logic · May 2004)
- Jahnke, H. N. & Wambach, R. (2013) Understanding what a proof is: a classroom based approach (ZDM- The International Journal on Mathematics Education, 45)
- Proof and proving in mathematics education: discussion document. (2009, The 19th ICMI Study; Dordrecht Springer)
- NAT és Kerettantervek, tankönyvek, egyetemi jegyzetek

MAT/459 Különböző reprezentációk a matematika tanításában és tanulásában

6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

Stankov Gordana

Tárgy rövid leírása: A kurzus célja a konstruktívizmus tanulási elméletén és a magyar matematika-didaktika sok munkáságán alapuló, konkrét és képi reprezentációk használatával történő (hatékony) matematika tanítási módszerének ismertetése (bemutatása, elsajátítása), amelyet az általános iskolától az egyetemig különböző eszközök és szoftverek (számítógépes programok) felhasználásával gyakran kollaboratív csoportmunka és játékok keretén belül alkalmazunk.

Irodalom:

- Ambrus András: Bevezetés a matematikadidaktikába (ELTE TTK Egyetemi jegyzet)
- Cole Michael and Cole Sheila R. (2006), Fejlődéslélektan, Oziris Kiadó, Budapest
- Dienes Zoltán (1999), Építsük fel a matematikát. SHL Hungary Kft, Budapest,
- Stankov Gordana (2009), Konkrét és képi reprezentációk használata a hetedik osztályos algebratanításban, Debreceni Egyetem (PhD értekezés)
- Božić Radoslav, Takači Đurđica and Stankov Gordana (2019), Influence of dynamic software environment on students' achievement of learning functions with parameters, Interactive Learning Environments, DOI: 10.1080/10494820.2019.1602842
- Takači Đurđica, Stankov Gordana and Milanovic Ivana, (2015), Efficiency of learning environment using GeoGebra when calculus contents are learned in collaborative groups, Computers and Education, Vol. 82, March 2015, Pages 421-431,
- Takači Djurdjica, Stankov Gordana and Mirjana Rakić (2011), On the role of GeoGebra in examining functions, Conference proceedings of International GeoGebra Conference for Southeast Europe, Editor: Djurdjica Takači, Departnan za matematiku i informatiku PMF u Novom Sadu, Novi Sad, 18-26.

MAT/460 Kvantitatív kutatási módszerek a matematikadidaktikában

6 kredit, elmélet, választható, nem ismételtető

G17843 - Csikos Csaba

Tárgy rövid leírása: Az előadás áttekinti a neveléstudományi kutatási módszerek azon irányzatait, amelyek a matematikadidaktika, tágabb értelemben a matematikai nevelés (mathematics education) empirikus vizsgálatai számára relevánsak. A kurzus alapot jelent egy rá épülő kutatási szeminárium számára, amelynek középpontjában a számítógépes statisztikai elemzések állnak (SPSS). Fő témakörök:

A tudományos kutatás alapfogalmai, módszerei, eszközei. A szakirodalom feldolgozásának módszerei. Kérdőíves vizsgálatok. Mérés és skálaelméleti alapfogalmak. A mintavétel módszerei A leíró statisztikák, elemzése, értelmezése. Az eredmények táblázatos és grafikus megjelenítése. Két változó összefüggésének vizsgálata: kontingencia-koefficiens, korrelációs

együtthatók. Fejlődésanalízis: keresztmetszeti és longitudinális vizsgálatok. Regresszióanalízis, faktoranalízis, klaszteranalízis. Pedagógiai kísérletek. A kutatási eredmények publikálása: az APA-stílus.

Kötelező irodalom:

Csermely Péter, Gergely Pál, Koltay Tibor és Tóth János (1999). Kutatás és közlés a természettudományokban. Osiris Kiadó.

Csíkó Csaba (2009). Mintavétel a kvantitatív pedagógiai kutatásban. Gondolat Kiadó.

Csíkó Csaba (2012). Pedagógiai kísérletek kutatómódszertana. Gondolat Kiadó.

Csíkó Csaba (2020). A neveléstudomány kutatómódszertanának alapjai. Eötvös Kiadó.

Kilpatrick, J. (2020). History of research in mathematics education. In S. Lerman (Ed.), Encyclopedia of mathematics education (pp. 349-354). Springer.

Publication manual of the American Psychological Association. 7th Edition.

Schoenfeld, A. H. (2000). Purposes and methods of research in mathematics education. Notices of the AMS, 47, 641-649.

MAT/461 Számítógépes statisztikai elemzések a matematikadidaktikai kutatásban

6 kredit, gyakorlat, választható, nem ismételt

G17843 - Csíkó Csaba

Tárgy rövid leírása:

A gyakorlaton – lehetőség szerint, az egyetemi licenz függvényében – az SPSS szoftver legújabb változatát használjuk. A gyakorlat feltételezi a kutatómódszertani alapok meglétét, és ha a résztvevőknek már rendelkezésre állnak saját empirikus adatok, azokon az elemzéseket kipróbálhatjuk.

Adatfájlok típusai és kezelésük. Az adatok rendezése, műveletek a változókkal. Leíró statisztikai elemzések és értelmezésük. Matematikai statisztikai elemzések és az output értelmezése: szórások egyezésének vizsgálata, átlagok összehasonlítása (t-próbák, ANOVA, MANOVA), nemparaméteres próbák (khi-négyzet-próba, Kolmogorov-Szmirnov-próbák, normalitásvizsgálat), többváltozós összefüggésvizsgálatok (faktor-, klaszter- és regresszióanalízis) különböző mérési skálák esetén. Az SPSS ábratípusai.

Kötelező irodalom:

Sajtos László és Mitev Ariel (2007): SPSS kutatási és adatelemzési kézikönyv. Alinea Kiadó.

MAT/462 Differenciaegyenletek kvalitatív elmélete

6 kredit, elmélet, kötelező/választható, nem ismételt

IS0SX8 - Kovács Sándor

Tárgy rövid leírása:

A tárgy a (közönséges) differenciaegyenletek alapvető megoldási módszereinek áttekintése után a kvalitatív leírás elemeivel foglalkozik. Az egyes fejezetek a következők: diszkrét kalkulus, a differenciaegyenletre vezető feladatok, diszkrét dinamikai rendszerek, lineáris differenciaegyenlet(rendszerek), stabilitás, bifurkációk, káosz.

Szakirodalom:

1. Elaydi, S.: An Introduction to Difference Equations, Springer, 2000.
2. Kovács, S.: Differenciaegyenletek, Typotex, 2020.

MAT/463 Kahler sokaságok

6 kredit, elmélet, választható, nem ismételtető

FWF6T5 - Szőke Róbert

Tárgy rövid leírása:

Komplex sokaságok topológiai (kohomológiai) és metrikus tulajdonságai közötti mély összefüggések bemutatása, haladó szintű ismeretanyag átadása analitikus, komplex függvénytan és geometriai módszerek felhasználásával.

Metrika és komplex struktúra kapcsolata, Kähler metrikák, Dolbeault kohomológia csoportok, harmonikus formák, Hodge elmélet Riemann és Kähler sokaságokon, topológiai következmények, holomorf vektornyalábok, Kodaira beágyazási tétele, Calabi sejtés.

Szakirodalom:

D. Huybrechts: Complex geometry: an introduction, Universitext, 2005

A. Moroianu: Lectures on Kahler geometry, LMS student texts 69, CUP 2007

J.P. Demailly: Complex analytic and differential geometry, 2012, online könyv: <https://www-fourier.ujf-grenoble.fr/~demailly/documents.html>

W. Ballmann: Lectures on Kahler manifolds, ESI Lectures in Mathematics and Physics, EMS, 2006

MAT/464 A Lorentz-sokaságok geometriája és alkalmazásai

6 kredit, elmélet, kötelező, nem ismételtető

HF82KF - Szenthe János

RS0XAA - Szeghy Dávid

Tárgy rövid leírása:

Hawking és Penrose eredményei kulcsfontosságúak a modern fizikában, e téma feldolgozásához szükséges ismeretek kerülnek ismertetésre. A főbb témák: Szemi-Riemann sokaságok és tulajdonságaik, Kauzális feltételek és struktúra, Akronális, akuazális jövő és múlt halmazok jellemzése, Cauchy hiperfelületek és tulajdonságaik, Hawking és Penrose Szingularitási tételei, Görbített szorzat és Robertson-Walker téridők tulajdonságai, R-W mint tökéletes folyadék, Az ősrobbanás modellje.

Irodalom:

1. Hawking S. W., Ellis G. F. R.; The Large Scale Structure of Space-Time; Cambridge Monographs on Mathematical Physics 1973

2. O'Neill B.; Semi-Riemannian Geometry With Applications to Relativity; Academic Press; 1983

3. Szenthe J.; A Riemann geometria elemei; ELTE Egyetemi jegyzet; 1988

MAT/465 Kvalitatív kutatási módszerek a matematikadidaktikában

6 kredit, gyakorlat, választható, nem ismételtető

XDSAN5 - Gosztanyi Katalin

Tárgy rövid leírása:

A kurzus keretében különböző, a matematikadidaktikai kutatásokban használatos kvalitatív kutatási módszereket tekintünk át, az ezekhez kapcsolódó matematikadidaktikai elméletekkel együtt. A kurzus során elméleti és kutatómódszertani tudományos cikkek segítségével ismerünk meg többféle kvalitatív kutatási módszert, ezek használatát konkrét példák elemzésén keresztül sajátítjuk el.

Szakirodalom:

Bikner-Ahsbabs, A., Knipping, C. & Presmeg, N. (2015). Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education. Springer.

Bartolini Bussi MG, Mariotti MA (2008) Semiotic mediation in the mathematics classroom: artefacts and signs after a vygotskian perspective. In: English L, Bartolini M, Jones G, Lesh R, Sriraman B, Tirosh D (eds) Handbook of international research in mathematics education. Routledge/Taylor & Francis, New York, pp 746–783

Brousseau, G. (2002). Theory of Didactical Situations in Mathematics. Springer.

Shulman LS (1986) Those who understand: knowledge growth in teaching. Educ Res 15(2). pp. 4–14.

MAT/466 Matematikadidaktika kutatószeminárium

6 kredit, elmélet, választható, ismételhető

RN76Z0-Szabó Csaba

Tárgy rövid leírása:

Kutatószeminárium. A szeminárium célja a matematika didaktika modern eredményeinek feldolgozása, részben kutatások indítása és/vagy figyelemmel kísérése.

MAT/467 A matematika didaktikai kutatási irányzatainak megjelenése a közoktatásban

6 kredit, elmélet, választható, nem ismételhető

RN76Z0-Szabó Csaba

Tárgy rövid leírása:

A kurzus célja hogy megvizsgálja az aktuális nemzetközi matematika didaktikai kutatásokat, és azok eredményeit a magyarországi matematika tanítás szemszögéből. Célja annak vizsgálata, hogy melyek azok a kutatási témák és mérési módszerek, amelyek relevánsak a magyar oktatás szemszögéből, majd ezen témák külön elemzése. Mely témák azok, amelyek már jelen vannak az oktatásban, melyek azok, amelyek a jelenlegi Nemzeti Alaptanterv és Kerettanterv mellett alkalmazhatóak, bevezethetők matematika órán, és melyek azok, amelyek alkalmazása további átgondolást igényel.

Néhány főbb témakör: a geometriai megértés fejlődése, problémafelvetési képesség, tanulási technikák alkalmazása, értékelélmélet, nemzetközi felmérések stb.

Kötelező irodalom (többek közt az alábbi munkák egyes fejezetei):

Suurtamm, C., Thompson, D.R., Kim, R.Y., Moreno, L.D., Sayac, N., Schukajlow, S., Silver,

E., Ufer, S., Vos, P. (2016) *Assessment in Mathematics Education, Large-Scale Assessment and Classroom Assessment*, Springer Open, DOI 10.1007/978-3-319-32394-7

John Dunlosky, Katherine A. Rawson, Elizabeth J. Marsh, Mitchell J. Nathan, Daniel T. Willingham, (2013) *Improving Students' Learning With Effective Learning Techniques: Promising Directions From Cognitive and Educational Psychology*, Psychol Sci Public Interest

Singer, Florence Mihaela, Ellerton, Nerida F., Cai, Jinfu (Eds.) (2016) *Mathematical Problem Posing From Research to Effective Practice*, Springer Science+business Media New York

MAT/OK	Olvasókurzus (megszerezhető kredit 24) max. 6 kredit /félév, elmélet, nem kötelező, ismételhető
MAT/RK-KV	Részképzés, kreditátvitel (megszerezhető kredit: 24)
MAT/OKT	Oktatási kredit (megszerezhető kredit: maximum 16 - 1.-4. szemeszter, a képzési és kutatási szakasz alatt, 4 kredit/heti 2 órás kurzus)
MAT/KOMPLEX	Komplex vizsga (4. szemeszter végén) kötelező
MAT/KUT	Irányított kutatómunka (megszerzendő/megszerezhető kredit 9/szemeszter - az első 4 szemeszter, tehát a képzési és kutatási szakasz alatt)
MAT/KONF	Konferencián való aktív részvétel : (4/8 kredit nemzetközi konferencián poszter/előadás tartásáért, 2/4 ugyanezekért magyar nyelvű konferencián)
MAT/PUBI	Publikációk (ArXiv 2 kredit, publikáció 10 kredit)
MAT/BESZ	Beszámoló (megszerzendő/megszerezhető kredit: 10 - első évben)

Kutatási modul (megszerezhető kredit: 108):

MAT/KUT	Irányított kutatómunka (megszerzendő/megszerezhető kredit 10/szemeszter - 5-8. szemeszter alatt, tehát a kutatási és disszertációs szakasz alatt)
MAT/KONF	Konferencián való aktív részvétel : (4/8 kredit nemzetközi konferencián poszter/előadás tartásáért, 2/4 ugyanezekért magyar nyelvű konferencián)
MAT/PUBI	Publikációk (ArXiv 2 kredit, publikáció 10 kredit)
MAT/BESZ	Beszámoló (megszerzendő/megszerezhető kredit : 30) 15-15 (3. és 4. év)
MAT/KUTOK	Kutatási olvasókurzus (6 kredit - 5.-8. szemeszterek alatt, a kutatási és disszertációs szakaszban – megszerezhető kredit: 24) elmélet, nem kötelező, ismételhető

A KOMPLEX VIZSGA TÁRGYAI

Választható tárgyak:

Alkalmazott matematikából főtárgyként választható:

1. Statisztika
2. Valószínűségszámítás
3. Sztochasztikus folyamatok
4. Folytonos optimalizálás
5. Kombinatorikus optimalizálás

6. Diszkrét optimalizálás és alkalmazásai
7. Numerikus módszerek
8. Közönséges differenciálegyenletek
9. Parciális differenciálegyenletek
10. Funkcionálanalízis

Alkalmazott matematikából melléktárgyként választható:

1. Nemparaméteres módszerek
2. Idősorok statisztikai elemzése
3. Többdimenziós statisztikai módszerek
4. Élettartam-adatok elemzése
5. Valószínűségi mértékek, valószínűségi változók
6. Független valószínűségi változók összegei
7. Martingálelmélet
8. Információelmélet
9. Markov-láncok, Markov-folyamatok
10. Stacionárius folyamatok
11. Független növekményű folyamatok
12. Lineáris programozás
13. Nemlineáris programozás
14. Sztochasztikus programozás
15. Játékelmélet
16. Poliéderes kombinatorika
17. Kombinatorikus algoritmusok
18. Kombinatorikus optimalizálási struktúrák
19. Egészértékű programozás
20. Ütemezéselmélet és termelésirányítás
21. Approximációs algoritmusok
22. Lineáris algebrai egyenletrendszerek numerikus megoldása
23. Interpoláció, függvények közelítése
24. Nemlineáris egyenletek és egyenletrendszerek megoldása
25. Közönséges differenciálegyenletek kezdetiérték-feladatának numerikus megoldása
26. Közönséges differenciálegyenletek peremértékfeladatának numerikus megoldása
27. Elliptikus típusú parciális differenciálegyenletek peremérték feladatának numerikus megoldása
28. Parabolikus típusú parciális differenciálegyenletek numerikus megoldása
29. Fizikai alkalmazások, numerikus modellezés
30. Közönséges differenciálegyenletek klasszikus elmélete
31. Dinamikai rendszerek
32. Bifurkáció elmélet, káosz
33. Operátor félcsoportok és alkalmazásaik differenciálegyenletekre
34. Disztribúcióelméleti alapfogalmak
35. Szoboljev-terek
36. Lineáris elliptikus egyenletekre vonatkozó peremérték feladatok
37. Kezdeti-peremérték feladatok: lineáris, hiperbolikus és parabolikus
38. Nemlineáris elliptikus egyenletek
39. Nemlineáris parabolikus egyenletek
40. A funkcionálanalízis néhány alapfogalma és tétele
41. Korlátos lineáris operátorok Hilbert-térben
42. Lineáris operátoregyenletek megoldhatósága Hilbert-térben;
43. Nem korlátos lineáris operátorok Hilbert-térben;

44. Nemlineáris funkcionálanalízis
45. Közelítő módszerek a funkcionálanalízisben
46. Topológikus vektorterek, Banach-algebrák, harmonikus analízis
47. Mikro- és makrogazdaságtan

Elméleti matematikából fő- és melléktárgyként választható:

1. Analízis (Valós függvénytan)
2. Analízis (Komplex függvénytan)
3. Analízis (Differenciálegyenletek)
4. Analízis (Funkcionálanalízis)
5. Geometria (Differenciálgeometria)
6. Geometria (Topológia)
7. Geometria (Diszkrét, kombinatorikus, véges és konvex geometria)
8. Sztochasztika (Valószínűségszámítás)
9. Sztochasztika (Sztochasztikus folyamatok)
10. Sztochasztika (Statisztika)
11. Algebra
12. Számelmélet
13. Diszkrét matematika
14. Halmazelmélet és matematikai logika

Matematikadidaktikából:

I. A matematikai, matematikadidaktikai és matematikatörténeti tájékozottság bizonyítása

1. Az alkalmazott matematika és elméleti matematika program listájából választott egy tárgy

2.a A matematikadidaktika és a matematikadidaktikai kutatás alapkérdései

2.b A magyar matematikatanítás és matematikadidaktika sajátosságai- ÚJ

2.c Matematikatörténet (MDK13)

I.2.a és I.2.b közül az egyik választható. Azaz a főtárgy lehet: 2.a vagy 2.b vagy 2.c, melléktárgy pedig 1.

AZ ISMERETEK ELLENŐRZÉSÉNEK RENDSZERE

A Matematika Doktori Iskolában a tanulmányi és a kutatási tevékenységekért, a beszámolóért, valamint oktatási tevékenységért szerezhetőek kreditpontok. A kurzusok teljesítését a tárgy előadója ötfokozatú skálán (1-2-3-4-5) értékeli (érdemjegy), és a Neptun rendszerben történő bejegyzéssel rögzíti. A kutatási tevékenységet a témavezető háromfokozatú skálán (kiválóan megfelelt; megfelelt; nem felelt meg) értékeli. A kreditek teljesítését a Neptun rendszerbe történő bejegyzéssel rögzíti.

a) Kontaktórák hallgatása. Egy kontaktóra hallgatásával és a hozzá tartozó vizsgával 3 kredit szerezhető. A képzés 8 féléve során minden hallgatónak legalább 48 kreditpontot kell szereznie kontaktórák hallgatásáért, amiből az Elméleti matematika program doktoranduszai számára legalább 24 kreditnyi kötelezően választható tárgy teljesítése szükséges. A Matematikadidaktika program doktoranduszai számára 24 kreditnyi a matematikadidaktika területéről hallgatóandó.

b) Olvasókurzusok. Az olvasókurzus a témavezető irányításával, ellenőrzésével történik. Az olvasókurzusok teljesítéséért a 8 félév során összesen 48 (félévenként legfeljebb 6) kredit szerezhető. A kutatási és disszertációs szakaszban az olvasókurzus kutatási olvasókurzus címen szerepel.

- c) Irányított kutatómunka. Az irányított kutatómunka a témavezető irányításával végzett kutatás. Az irányított kutatómunkáért az első két évben félévenként legfeljebb 9, a harmadik és negyedik évben pedig félévenként legfeljebb 10 kredit szerezhető.
- d) Beszámolók. A doktoranduszok az első, harmadik és negyedik évben beszámolnak a Matematika Doktori Iskola keretében éves teljesítményükről. Az első éves beszámolóért 10 kredit, a harmadik és negyedik évben tartott beszámolóért 15-15 kredit szerezhető.
- e) Oktatási kredit. Egy heti 2 órás egy féléves kurzus (gyakorlat) oktatásáért 4 kredit szerezhető. A képzési és kutatási szakasz alatt (első 4 félév alatt) összesen 16 kredit adható oktatásért. Kivételes esetben egyéb oktatói munkáért (pl. dolgozatok javítása) is járhat kredit.
- f) Konferenciárésztétel. Nemzetközi konferencián poszter kiállításáért/előadás tartásáért 4/8 kredit szerezhető. Ugyanezekért magyar nyelvű konferencián 2/4 kredit kapható. Egy hetes workshop-on való részvételért 6 kredit szerezhető.
- g) Publikációk. Minden új tudományos eredményt tartalmazó publikációért, amely nemzetközi, valamely világnyelven publikáló és referált folyóiratban jelent meg vagy került elfogadásra, 10 kredit szerezhető. Egy új tudományos eredményt tartalmazó publikációnak az ArXiv-ba való feltöltéséért a témavezető ajánlásra 2 kredit kapható.

Minden doktorandusz a 8 féléves képzés 4. félévének végéig köteles legalább 108 kreditet szerezni.

A képzés második ciklusában (azaz a 3. és 4. évben) minden doktorandusz köteles a fenti e), f), g) pontokban leírt kreditekből összesen legalább 28 kreditet szerezni.

A részképzés, áthallgatás, és kreditátvitel a fenti 2-3 pontokban leírtak alkalmazásával történik.

Áthallgatással a tanulmányi krediteknek maximálisan 30 százaléka szerezhető meg, míg kreditátvitellel maximálisan a kreditek 50 százaléka.

Előzetes teljesítmény a szervezett doktori képzés során általában nem számítható be. Az esetleges kivételről – kérelem alapján – a Matematika Doktori Iskola Tanácsa dönt.

A védés feltétele előzetes kutatóhelyi vita vagy ennek hiányában a témavezető írásos értékelése és ajánlása.

Doctoral School of Mathematics

Discipline: mathematics and computer science

Form of education: Doctor of Philosophy (Ph. D.) training

Program objectives: to acquire the academic degree training, acquisition of practice in higher education

Training time: 4 + 4 semesters

Training type: regular school

Financing: state-sponsored or tuition fee based

Entrance requirements: Master's degree and a successful entrance exam

Language requirements: State-recognized type "C" secondary (or equivalent) exam

The number of credits required: 240

Ways of getting credits / modules: training credits (72+24), research credits (36+40) , credits obtained for active participation at meetings and workshops, credits obtained for publications (ArXiv 2 credits, publication 10 credits per publication), credits obtained for yearly reports

(10+15+15), credits obtained for teaching activity (4 for each course)

The training ends with: 108 credits and Complex examination (at the end of the first cycle), the missing credits to 240 and Absolutorium (Thesis) (at the end of the second cycle).

Responsible for the training: prof. Tibor Jordán, head of the doctoral school

Doctoral education programs:

- I. Applied mathematics
Program director: prof. János Karátson
- II. Didactics of mathematics
Program director: prof. Ödön Vancsó
- III. Pure mathematics
Program director:
prof. Tamás Szőnyi

MAT/009 Multivariate statistics
12 credits

MAT/028 Discrete dynamical systems
6 credits

MAT/029 Ergodic theory
6 credits

MAT/030 Chapters of dynamical systems I.
6 credits

MAT/037 Introduction to information theory
6 credits

MAT/038 Information-theoretic methods in statistics
6 credits

MAT/151 Data structures
6 credits

MAT/152 Applied discrete mathematics seminar
6 credits

MAT/153 Complexity theory
6 credits

MAT/154 Complexity theory seminar
6 credits

MAT/184 Selected topics in graph theory
6 credits

MAT/185 Random structures and applications
6 credits

MAT/186 Data mining
6 credits

MAT/189 Time series analysis 1
6 credits

MAT/190 Time series analysis 2
6 credits

MAT/200 Markov chains
6 credits

MAT/207 Distribution of eigenvalues of random matrices
6 credits

MAT/208 Foundations of mathematical statistics 1
9 credits

MAT/209 Foundations of mathematical statistics 2
6 credits

MAT/210 Analysis of survival data
6 credits

MAT/211 Discrete parameter martingales
6 credits

MAT/229 Processes with independent increments, stationary, and Markov processes
6 credits

MAT/230 Stochastic analysis
9 credits

MAT/248 Linear partial differential equations
6 credits

MAT/249 Nonlinear partial differential equations
6 credits

MAT/250 Theory of partial differential equations I.
6 credits

MAT/251 Theory of partial differential equations II.
6 credits

MAT/304 Analysis of environmental data

6 credits

MAT/312 Character theory of finite groups

6 credits

MAT/313 Geometric graph theory

6 credits

MAT/325 Nonlinear partial differential equations II.

6 credits

MAT/347 Dynamical systems

6 credits

MAT/365 Probabilistic methods in convex geometry

6 credits

MAT/367 Large networks seminar

6 credits

MAT/374 Application to the numerical solution of partial differential equations

9 credits

MAT/375 Algorithms

6 credits

MAT/388 Investigation of the time-discretization methods for the partial differential equation

6 credits

MAT/389 Numerical solution of time-dependent PDE's

6 credits

MAT/392 Stationary processes

6 credits

MAT/393 Dynamical systems and differential equations I.

6 credits

MAT/394 Dynamical systems and differential equations II

6 credits

MAT/395 Continuous Optimization seminar

6 credits

MAT/396 Multiplicative number theory

6 credits

MAT/397 Financial Processes 1

6 credits

MAT/398 Stochastic Processes
9 credits

MAT/399 Operator semigroups for numerical analysis
6 credits

MAT/401 Basic questions of mathematics didactics
6 credits

MAT/402 Some basic questions of teaching of mathematical problem solving
6 credits

MAT/403 Research methods in mathematics didactics
6 credits

MAT/404 Didactical Research: changing task culture
6 credits

MAT/405 Introduction to didactics of mathematical modeling
6 credits

MAT/406 Retrospective view of the mathematical education process
6 credits

MAT/407 Introduction to Bayesian statistics under didactical aspects
6 credits

MAT/408 Educational opportunities of the classical and Bayesian statistics with historical background
6 credits

MAT/409 Teaching Combinatorics and Probability in high school
6 credits

MAT/410 The philosophy of mathematics and didactical consequences
6 credits

MAT/411 Complex mathematics education and Tamás Varga I.
6 credits

MAT/412 Complex mathematics education and Tamás Varga II.
6 credits

MAT/413 History of Mathematics I.
6 credits

MAT/414 History of Mathematics II.

6 credits

MAT/415 The indirect genetic method I. Logarithm, real-number concept

6 credits

MAT/416 The indirect genetic method II. From Eudoxus to Dedekind, real- number concept

6 credits

MAT/417 The indirect genetic method III. Measurement, measure and integration.

6 credits

MAT/418 The indirect genetic method IV. The best linear approximation as "Fundamental idea".

6 credits

MAT/419 Mathematics and Media

6 credits

MAT/420 Development of study tools and textbooks

6 credits

MAT/421 Topics in Stochastic Calculus

6 credits

MAT/422 Mathematics of financial risk analysis

6 credits

MAT/423 Price fluctuations

12 credits

MAT/424 Numerical solution of elliptic partial differential equations

6 credits

MAT/425 Numerical solution of elliptic partial differential equations II.

6 credits

MAT/426 Interest rate models

9 credits

MAT/427 Stochastic processes of mathematical finance 2

6 credits

MAT/428 Special stochastic processes

6 credits

MAT/429 Dynamical systems and fractals problem solving seminar

6 credits

MAT/430 Linear operators and relations in Hilbert spaces

6 credits

MAT/438 Innovative time integrators for solving nonlinear differential equations
6 credits

MAT/441 Weak convergence methods for nonlinear PDE
6 credits

MAT/442 Algebraic Geometry and its applications
6 credits

MAT/443 Dynamical Systems and Ergodic Theory problem solving seminar
6 credits

MAT/444 Farkas Miklós Seminar
6 credits

MAT/445 Complex manifolds and their deformation theory
6 credits

MAT/446 Random graphs
6 credits

MAT/447 Reading Seminar in Mathematics Education
6 credits

MAT/448 Hungarian Traditions of Mathematics Education
6 credits

MAT/449 French theories in Mathematics Education
6 credits

MAT/450 Mathematical foundations of machine learning
6 credits

MAT/451 Algorithmic Thinking in Mathematics
6 credits

MAT/453 Groups and representations

6 credits

AZ1CJR - Pálffy Péter Pál

Short description:

- Group actions, permutation groups, automorphism groups. Semidirect products. Sylow's Theorems.
- Finite p -groups. Nilpotent groups. Solvable groups, Phillip Hall's Theorems.
- Free groups, presentations, group varieties. The Nielsen-Schreier Theorem.
- Abelian groups. The Fundamental Theorem of finitely generated Abelian groups. Torsionfree groups.

- Linear groups and linear representations. Semisimple modules and algebras.
- Irreducible representations. Characters, orthogonality relations. Induced representations, Frobenius reciprocity, Clifford's Theorems.

MAT/454 Rings and algebras.

6 credits

LL94QV- Ágoston István

Short description:

- Associative rings and algebras. Constructions: polynomials, formal power series, linear operators, group algebras, free algebras, tensor algebras, exterior algebras.
- Structure theory. Primitive rings, the density theorem, the Jacobson radical, commutativity theorems.
- Direct decompositions of modules, theorem of Azumaya. Chain conditions, injective modules. Theorems of Hopkins and of Levitzki.
- Categories and functors. Algebraic and topological examples. Natural transformations. The concept of categorical equivalence. Covariant and contravariant functors. Properties of the Hom and tensor functors (for non-commutative rings). Adjoint functors. Additive categories, exact functors. The exactness of certain functors: projective, injective and flat modules. Morita theory.
- Generalizations of Artinian rings: semiperfect and perfect rings.
- Homological algebra. Chain complexes, homologies, chain homotopy. Topological and algebraic examples. The long exact sequence of homologies.

MAT/455 Deep learning

6 credits

N3XVCV - András Lukács

A short description of the course:

Deep learning basics: gradient method and back propagation. Convolutional Neural Network. Deep networks: batch normalization, ResNet. Generative models: autoencoders, Variational Autoencoders, Generative Adversarial Networks. Natural Language Processing: representations. Recurrent neural networks, long short-term memory (LSTM), gate recurrent unit (GRU). Attention, Transformer, BERT. Reinforcement learning. Self-supervised learning. Deep Learning programming, Tensorflow, Keras, Pytorch.

Textbook:

Goodfellow, Ian, Yoshua Bengio, and Aaron Courville. Deep Learning. MIT Press, 2016.

<https://www.deeplearningbook.org/>

Aston Zhang, Zachary C. Lipton, Mu Li, and Alexander J. Smola. Dive into Deep Learning. 2020.

MAT/457 Media and teaching mathematics seminar

6 credits

IC10YJ Vancsó Ödön

UB874L, Korándi József

A short description of the course:

Media, in general plays an important role in teaching mathematics. During this course we review the media currently present and used in public education and analyzing concrete resources we examine their role and usefulness. The seminar ends with a micro-research and analysis carried out by the student.

MAT/458 Proof in theory and in practice

6 credits

IC10YJ Vancsó Ödön

UB874L, Koráncsi József

A short description of the course: During this course, students will learn about the general theory of proving, including the concept and history of mathematical proofs. They will also examine the proving techniques used in mathematics lessons from both a mathematical and didactic point of view. The seminar ends with an essay on analyzing the proofs of a given topic of mathematics

MAT/459 Different representation in teaching and learning mathematics

6 credits

Stankov Gordana

A short description of the course: The aim of the course is to train students for teaching mathematics applying our method based on constructivism. It implies this learning theory by including the achievements of the Hungarian didactics of mathematics by using concrete and visual representations, which we apply from primary school to university level, often using collaborative group work, software and games.

MAT/460 Quantitative research methods in mathematics education

6 credits

Csíkos Csaba - G17843

Short description of Course: The course gives a comprehensive overview on the research methods that are relevant in the context of empirical research in the fields of mathematics education. The course intends to provide sound basis for a research seminar focusing on computer-based statistical analyses (SPSS). Main topics:

Basic principles, methods and tools of scientific inquiry. Methods of literature review. Questionnaires. Basic concepts of measurement and psychological scaling. Sampling methods. Analyzing and interpreting descriptive statistics. How to display the results in tables in figures. Connections between two variables: contingency coefficient, correlation coefficients. Developmental studies: cross-sectional and longitudinal surveys. Regression analysis, factor analysis, cluster analysis. Educational experiments. How to publish the research results: the APA style.

MAT/461 Computer-based statistical analyses in research for mathematics education

6 credits

Csíkos Csaba G17843

Short description of Course: On this seminar, we use the SPSS software, depending on the availability of the latest version at our university. The learning material is based on the basics learnt on the course “Research methods in mathematics education”. Furthermore, if participants have their own empirical data already collected, the analyses can be applied on those data.

Data files: how to open and create them. Data handling, operations with variables. Descriptive statistical analyses and their interpretation. Mathematical-statistical analyses and the interpretation of the output files: comparing SDs, means (t tests, ANOVA, MANOVA), non-parametric tests (including chi-square and Kolmogorov-Smirnov-tests, tests for normality) multivariate correlational analyses (factor, cluster and regression analyses) on different scales of measure. Chart types in SPSS.

MAT/462 Qualitative Theory of Difference Equations

6 credits

IS0SX8 - Kovács Sándor

Short description of Course:

After the overview of the solution methods qualitative methods are on the program. The chapter are in detail: discrete calculus, basics of difference equations, discrete dynamical systems, linear difference equations, stability, bifurcations, chaos.

MAT/463 Kahler manifolds

6 credits

FWF6T5 - Szőke Róbert

Short description of Course:

This is an advanced course on complex manifolds.

The purpose of the course is to demonstrate the deep connections between topological (cohomological) and metric properties of complex manifolds using methods of geometry and complex analysis. It aims to discuss the relationship of complex structures and Riemannian metrics, Kahler metrics, Dolbeault cohomology groups, harmonic forms, Hodge theory on Riemannian and Kahlerian manifolds, topological consequences of the Kahler condition, holomorphic vector bundles, Kodaira imbedding theorem, Calabi conjecture.

MAT/464 Lorentz manifolds and their applications

6 credits

HF82KF - Szenthe János

RS0XAA - Szeghy Dávid

Short description of Course:

The results of Hawking and Penrose are very important in modern Physics. Our aim is to prepare and prove these results. This includes: Semi-Riemannian manifolds and their properties, Causal structure and properties, Achronal and acausal sets, future and past sets and their properties, Cauchy hypersurfaces and their properties, Singularity theorems of Hawking and Penrose,

Warped product space times, Robertson-Walker space times and their properties, R-W as perfect fluid space time, Big-bang and big-crash.

MAT/465 Qualitative methods in mathematics education research

6 credits

XDSAN5 - Gosztonyi Katalin

In the frame of this course, various qualitative research methods, commonly used in mathematics education research, will be presented, with the related mathematics educational theories. These methods will be introduced through the reading of theoretical and methodological papers and through the analysis of some specific examples.

MAT/466 Mathematic didactics research seminar

6 credits

RN76Z0-Szabó Csaba

Short description of Course:

Classical research seminar.

MAT/467 Trends of research of mathematic didactics of mathematics in Hungarian education

6 credits

RN76Z0-Szabó Csaba

Short description of Course:

The course analyses the presence of recent research results and trends in Hungarian mathematics education. In particular it searches those aspects that can be directly implemented into a classroom in Hungary.

LIST OF COMPLEX EXAMINATION SUBJECTS

Applied mathematics

Main topic to be selected from:

1. Statistics
2. Probability theory
3. Stochastic processes
4. Continuous optimization
5. Combinatorial optimization
6. Discrete optimization with applications
7. Numerical methods
8. Ordinary differential equations
9. Partial differential equations
10. Funkcional analysis

Applied mathematics

Second topic to be selected from:

1. Non-parametric methods
2. Statistical analysis of time series
3. Multivariate statistical methods
4. Analysis of survival data
5. Probability measures, random variables
6. Sums of independent random variables
7. Theory of martingales
8. Information theory
9. Markov chains, Markov processes
10. Stationary processes
11. Processes with independent increments
12. Linear programming
13. Non-linear programming
14. Stochastic programming
15. Game theory
16. Polyhedral combinatorics
17. Combinatorial algorithms
18. Structures in Combinatorial Optimization
19. Integer Programming
20. Scheduling and production planning
21. Approximation algorithms
22. Numerical solution of systems of linear algebraic equations
23. Interpolation, approximation of functions
24. Numerical solution of non-linear equations and systems of non-linear equations
25. Numerical solution of initial-value problems for ordinary differential equations
26. Numerical solution of boundary-value problems for ordinary differential equations
27. Numerical methods of boundary-value problems for partial differential equations
28. Numerical methods for parabolic partial differential equations
29. Mathematical and numerical models in physics
30. Classical theory of ordinary differential equations
31. Dynamical systems
32. Theory of bifurcation, chaos
33. Operator semigroups and their application for the differential equations
34. Theory of distributions
35. Sobolev spaces
36. Boundary-value problems for the linear elliptic equations
37. Boundary-initial value problems for the linear parabolic and hyperbolic equations
38. Non-linear elliptic equations
39. Non-linear parabolic equations
40. Some basic notions and theorems in functional analysis
41. Bounded linear operators in Hilbert space
42. Solvability of linear operator equations in Hilbert space
43. Unbounded linear operators in Hilbert space
44. Non-linear functions analysis
45. Approximation methods in functional analysis
46. Topological vector spaces, Banach algebras, harmonic analysis
47. Micro and macro economics

Didactics of mathematics

Main topic to be selected from:

1. The main problems of the didactics of mathematics and its research
2. The history of mathematics

Second topic to be selected from the lists of the applied or pure mathematics program.

Pure Mathematics

Main and Second topic to be selected from:

1. Analysis (Real analysis)
2. Analysis (Complex analysis)
3. Analysis (Differential Equations)
4. Analysis (Functional Analysis)
5. Geometry (Differential Geometry)
6. Geometry (Topology)
7. Geometry (Discrete, Combinatorial, Finite and Convex Geometry)
8. Stochastics (Probability Theory)
9. Stochastics (Stochastic Processes)
10. Stochastics (Statistics)
11. Algebra
12. Number Theory
13. Discrete Mathematics
14. Set Theory and Mathematical Logic

EVALUATION AND CONTROL

Fulfilment of requirements of a given course is evaluated and recorded in the transcript by the lecturer on a five-point scale (1-2-3-4-5, where 1: failed, 5: excellent).

Research activities are evaluated and recorded in the transcript by the supervisor on a three-point scale (excellent - acceptable - failed).

Credits are approved by the program directors.

- a) Credits for contact courses. Attending one course and passing on the exam counts 3 credits. During the training period each student must obtain at least 48 credits for courses. Students of Pure mathematics program must earn at least 24 credits from core courses, while students of Didactics of mathematics program must earn at least 24 credits from courses of didactics.
- b) Credits for reading courses. Fulfilment of requirements of a reading course is evaluated by the supervisor. During the 8 semesters at most 48 (at most 6 in each semester) credits can be obtained for reading courses.
- c) Research credits. Research activities carried out under the direction of the supervisor. During the first and second years at most 9 credits in each semester, while during the third and fourth years at most 10 credits in each semester can be obtained for research activities.
- d) Reports. Students must present yearly reports about their progression three times, in years 1, 3 and 4. The maximum number of credits obtained for the reports is 10 in the first year, 15 in the third year and 15 in the fourth year.
- e) Credits obtained for teaching activities. Giving a problem solving class of 2 hours per week counts 4 credits. In exceptional cases, credits may be given for other teaching work (e.g. correction of homeworks etc.).
- f) Credits obtained for attending conferences. A poster/contributed talk on an international conference counts 4/8 credits, while a poster/contributed talk on a local conference counts 2/4 credits. Attending a one-week workshop counts 6 credits.
- g) Publications. Each publication which contains new scientific results and appeared (or

accepted) in a peer-reviewed international journal counts 10 credits. A new result appearing in ArXiv could count 2 credits if the supervisor recommends.

Each student must earn at least 108 credits at the end of the first cycle. During the second cycle (in the third and fourth years) each student must obtain at least 28 credits of types e), f) and g) listed above.