ELMÉLETI ALAPOZÁS TÁRGYKÍNÁLATA					**kontakt óra per hét / kredit / vizsgák**
	I.	**II.**	**III.**	**IV.**	
Elméleti alapozás	**12/14/2v**	**4/6/1v**	**0/0/0v**	**0/0/0v**	**16/20/3v**
Az alábbi tárgyak közül a hallgatónak szükség és oktatói előírás szerint maximum 20 kreditnyit kell teljesítenie. Azok a hallgatók, akiknek az alapozó tárgyakból 20-nál kevesebb kreditnyi teljesíteni valójuk van, a fennmaradó kredit-keretet választható szakmai tárgyakkal töltik ki.					
Algebra és számelmélet blokk					
Lineáris algebra	4/2/0/v/6				
Számelmélet	2/2/0/v/5				
Algebra 1		2/2/0/v/4			
Algebra 2		2/2/0/v/4			
Analízis blokk					
Analízis 1, 2	4/2/0/v/6	4/2/0/v/6			
Analízis 3, 4	2/2/0/v/5	1/1/0/f/2			
Differenciálegyenletek		4/2/0/v/6			
Parciális differenciálegyenletek 1		2/2/0/f/5			
Funkcionálanalízis		4/2/0/v/6			
Numerikus módszerek 1	4/0/2/v/6				
Diszkrét matematika és számítástudomány blokk					
Kombinatorika és gráfelmélet 1, 2	2/1/0/v/4	2/1/0/f/3			
Algoritmuselmélet	2/2/0/f/4				
Kriptográfia és kódelmélet		3/0/0/v/3			
Informatika 2		1/0/1/f/2			
Informatika 4		0/0/4/f/4			
Geometria blokk					
Geometria		4/2/0/v/6			
Differenciálgeometria 1	2/1/0/f/3				
Differenciálgeometria 2	2/2/0/v/4				
Operációkutatás és gazdasági matematika blokk					
Operációkutatás		2/2/0/f/4			
Optimalizálási modellek	0/0/2/f/2				
Bevezetés a makro-/mikroökonómiába	2/0/0/f/2	2/0/0/f/2			
Közgazdasági és pénzügyi matematika		2/2/0/v/6			
Biztosításmatematika 1		2/0/0/f/3			
Sztochasztika blokk					
Valószínűségszámítás 1	2/2/0/v/4				
Valószínűségszámítás 2, 3	1/1/0/f/2	1/1/0/f/2			
Matematikai statisztika	2/2/0/v/4				
Statisztikai programcsomagok 1	0/0/2/f/2				
Sztochasztikus folyamatok		2/2/0/f/6			
Biomatematika blokk					
Sztochasztikus modellek a bioinformatikában		2/0/0/f/3			
Dinamikai modellek a biológiában		2/0/0/f/3			

BME MATEMATIKUS MESTERSZAK **ANALÍZIS SPECIALIZÁCIÓ** **PÁRATLAN ÉVEKBEN INDULÓ ÉVFOLYAMOKNAK**					**jelölés:** **kontakt óra per hét/kredit/vizsga**
	I.	**II.**	**III.**	**IV.**	**összesen**
(A) Elméleti alapozás	**12/14/2v**	**4/6/1v**	**0/0/0v**	**0/0/0v**	**16/20/3v**
Szemeszter	**I.**	**II.**	**III.**	**IV.**	
(B) Szakmai törzsanyag	**4/5/1v**	**8/10/1v**	**8/10/1v**	**4/5/0v**	**24/30/3v**
Az alábbi tárgyakból legalább 6-ot kell teljesíteni, olyan módon, hogy legalább 4 témakörből kell a tárgyakat kiválasztani. A *****-gal megjelölt tárgyakat az Analízis specializáció hallgatóinak kötelezően fel kell venniük.					
Algebra és számelmélet blokk					
Kommutatív algebra és algebrai geometria			3/1/0/f/5		
Csoportelmélet		3/1/0/v/5			
Analízis blokk					
Dinamikai rendszerek *****		3/1/0/v/5			
Fourier-analízis és függvénysorok *****	3/1/0/v/5				
Parciális differenciálegyenletek 2 *****		3/1/0/f/5			
Diszkrét matematika blokk					
Elméleti számítástudomány		3/1/0/f/5			
Algebrai és általános kombinatorika	3/1/0/v/5				
Geometria blokk					
Reprezentációelmélet				3/1/0/f/5	
Differenciálgeometria és topológia	3/1/0/v/5				
Operációkutatás blokk					
Globális optimalizálás				3/1/0/f/5	
Kombinatorikus optimalizálás				3/1/0/v/5	
Lineáris programozás			3/1/0/v/5		
Sztochasztika blokk					
Sztochasztikus analízis és alkalmazásai			3/1/0/v/5		
Statisztika és információelmélet		3/1/0/f/5			
(C) A specializáció tárgyai	**10/10/1v**	**8/9/1v**	**10/11/2v**	**8/10/2v**	**36/40/6v**
A **-gal illetve *******-gal megjelölt tárgyakból a specializáció hallgatóinak egyet-egyet kell felvenniük.					
Matematikai perkolációelmélet***				2/0/0/f/3	
A klasszikus mechanika matematikai módszerei		2/0/0/f/2			
Numerikus módszerek 2: Parciális differenciálegyenletek **				2/0/2/v/5	
Vektorterek a fizikában	2/0/0/f/2				
Mátrixanalízis			2/0/0/v/3		
Matematikai kémia **				2/0/2/v/5	
Operátorelmélet	3/1/0/v/5				
Potenciálelmélet*******				2/0/0/f/3	
Inverz szórási feladatok			2/0/0/v/3		
A klasszikus mezőelméletek geometriája	2/0/0/f/2				
A statisztikus fizika matematikai módszerei		2/0/0/v/3			
Disztribúcióelmélet és Green-függvények				2/0/0/v/2	
Témalabor 1, 2		0/0/4/f/4	0/0/4/f/4		

Matematikai modellalkotás 1, 2	2/0/0/f/1		2/0/0/f/1		
(D) Választható tárgyak	**0/0/0v**	**5/5/1v**	**5/5/1v**	**0/0/0v**	**10/10/2v**
Szabadon választható szakmai tárgyak nincs előre rögzítve		3/0/0/v/3	3/0/0/v/3 2/0/0/f/2		
Kötelezően választható társadalomtudományi/ gazdaságtudományi tárgy		2/0/0/f/2			
(E) Diplomamunka	**0/0/0v**	**0/0/0v**	**2/5/0v**	**8/15/1v**	**10/20/1v**
Beszámoló		0/0/0/a/0			
Diplomamunka előkészítés			0/2/0/f/5		
Diplomamunka készítés				0/8/0/v/15	
Összesen óra/kredit/vizsgák száma	**26/29/4v**	**25/30/4v**	**25/31/4v**	**20/30/3v**	**96/120/15v**

(jelölés: előadás/gyakorlat/labor/**v**izsga vagy **f**élévközi jegy/kredit)
Nincs szakmai gyakorlat, helyette a hallgatók a **Témalabor** tárgy keretében oldanak meg valódi alkalmazásokhoz kapcsolódó problémákat.
A mintatanterv B és C csoportjában szereplő vizsgára végződő tárgyakat a nem mintatanterv szerinti félévekben vizsgakurzusként hirdetjük meg, a C csoport összes félévközi jegyre végződő tárgyát és a Parciális differenciálegyenletek 2, a Statisztika és információelmélet és a Globális optimalizálás tárgyakat hallgatói igény esetén a másik paritású év azonos félévében is meghirdetjük korlátozott létszámmal.

BME MATEMATIKUS MESTERSZAK ANALÍZIS SPECIALIZÁCIÓ PÁROS ÉVEKBEN INDULÓ ÉVFOLYAMOKNAK					**jelölés: kontakt óra per hét/kredit/vizsga**
	I.	**II.**	**III.**	**IV.**	**összesen**
(A) Elméleti alapozás	**12/14/2v**	**4/6/1v**	**0/0/0v**	**0/0/0v**	**16/20/3v**
Szemeszter	**I.**	**II.**	**III.**	**IV.**	
(B) Szakmai törzsanyag	**4/5/0v**	**8/10/0v**	**4/5/1v**	**8/10/1v**	**24/30/2v**
Az alábbi tárgyakból legalább 6-ot kell teljesíteni, olyan módon, hogy legalább 4 témakörből kell a tárgyakat kiválasztani. A *****-gal megjelölt tárgyakat az Analízis specializáció hallgatóinak kötelezően fel kell venniük.					
Algebra és számelmélet blokk					
Kommutatív algebra és algebrai geometria	3/1/0/f/5				
Csoportelmélet				3/1/0/v/5	
Analízis blokk					
Dinamikai rendszerek *****				3/1/0/v/5	
Fourier-analízis és függvénysorok *****			3/1/0/v/5		
Parciális differenciálegyenletek 2 *****				3/1/0/f/5	
Diszkrét matematika blokk					
Elméleti számítástudomány				3/1/0/f/5	
Algebrai és általános kombinatorika			3/1/0/v/5		
Geometria blokk					
Reprezentációelmélet		3/1/0/f/5			
Differenciálgeometria és topológia			3/1/0/v/5		
Operációkutatás blokk					
Globális optimalizálás		3/1/0/f/5			
Kombinatorikus optimalizálás		3/1/0/v/5		3/1/0/v/5	
Lineáris programozás	3/1/0/v/5				
Sztochasztika blokk					
Sztochasztikus analízis és alkalmazásai	3/1/0/v/5				
Statisztika és információelmélet *****				3/1/0/f/5	
(C) A specializáció tárgyai	**6/7/2v**	**12/14/2v**	**14/14/1v**	**4/5/1v**	**36/40/6v**
A**-gal illetve *******-gal megjelölt tárgyakból a specializáció hallgatóinak egyet-egyet kell felvenniük.					
Matematikai perkolációelmélet ***		2/0/0/f/3			
A klasszikus mechanika matematikai módszerei				2/0/0/f/2	
Numerikus módszerek 2: Parciális differenciálegyenletek **		2/0/2/v/5			
Vektorterek a fizikában			2/0/0/f/2		
Mátrixanalízis	2/0/0/v/3				
Matematikai kémia **		2/0/2/v/5			
Operátorelmélet			3/1/0/v/5		
Potenciálelmélet*******		2/0/0/f/3			
Inverz szórási feladatok	2/0/0/v/3				
A klasszikus mezőelméletek geometriája			2/0/0/f/2		
A statisztikus fizika matematikai módszerei				2/0/0/v/3	
Disztribúcióelmélet és Green-függvények		2/0/0/v/2			
Témalabor 1, 2		0/0/4/f/4	0/0/4/f/4		

Matematikai modellalkotás 1, 2	2/0/0/f/1		2/0/0/f/1		
(D) Választható tárgyak	**3/3/1v**	**0/0/0v**	**7/7/2v**	**0/0/0v**	**10/10/3v**
Szabadon választható szakmai tárgyak nincs előre rögzítve	3/0/0/v/3		3/0/0/v/3 2/0/0/v/2		
Kötelezően választható társadalomtudományi/ gazdaságtudományi tárgy			2/0/0/f/2		
(E) Diplomamunka	**0/0/0v**	**0/0/0v**	**2/5/0v**	**8/15/1v**	**10/20/1v**
Beszámoló		0/0/0/a/0			
Diplomamunka előkészítés			0/2/0/f/5		
Diplomamunka készítés				0/8//0/v/15	
Összesen óra/kredit/vizsgák száma	**25/29/5v**	**24/30/3v**	**27/31/4v**	**20/30/3v**	**96/120/15v**

(jelölés: előadás/gyakorlat/labor/**v**izsga vagy **f**élévközi jegy/kredit)
Nincs szakmai gyakorlat, helyette a hallgatók a **Témalabor** tárgy keretében oldanak meg valódi alkalmazásokhoz kapcsolódó problémákat.
A mintatanterv B és C csoportjában szereplő vizsgára végződő tárgyakat a nem mintatanterv szerinti félévekben vizsgakurzusként hirdetjük meg, a C csoport összes félévközi jegyre végződő tárgyát és a Parciális differenciálegyenletek 2, a Statisztika és információelmélet és a Globális optimalizálás tárgyakat hallgatói igény esetén a másik paritású év azonos félévében is meghirdetjük korlátozott létszámmal.

(B)
Szakmai törzsanyag tárgyai
Primary body professional courses

Jelölés: Az egyes tárgyak leírásában megjelentetett e/g/l/t/k jelölés feloldása
e = előadások heti óraszáma,
g = gyakorlatok heti óraszáma,
l = laboratóriumi foglalkozások heti óraszáma,
t = teljesítés módja = v(izsga) vagy f(élévközi jegy),
k = kreditszám.

Notation: Meaning of notation e/g/l/t/k appearing in the description of each course:
e = lecture hours per week
g = in-class exercise hours per week
l = laboratory work hours per weak
t = type of examination = „v” stands for oral or written exam, „f” stands for final mark given on basis of midterm exams and home works
k = number of credits

Kommutatív algebra és algebrai geometria
3/1/0/f/5
(KKK szerinti tematikus besorolás: egyéb, KKK szerint nem besorolt)

Tárgyfelelős: Küronya Alex
További oktatók: Horváth Erzsébet, Rónyai Lajos

Zárt algebrai halmazok és koordinátagyűrűik, morfizmusok, irreducibilitás, dimenzió, Hilbert-féle Nullstellensatz, radikálideálok és részvarietások közti megfeleltetés. Monomiális rendezések, Gröbner-bázisok, Buchberger-algoritmus, számítások polinomgyűrűkben. Reguláris függvényektől a racionális leképezésekig, lokális gyűrű, kévék alapfogalmai, gyűrűzött terek. Projektív tér és részvarietásai, homogén koordinátagyűrű, morfizmusok, projektív varietás képe zárt. Geometriai konstrukciók: Segre- és Veronese-leképezések, Grassmann-varietások, pontból történő vetítés, felfújás. Affin és projektív varietások dimenziója, hiperfelületek. Sima varietások, Zariski-érintőtér, Jacobi-feltétel. Hilbert-polinom és Hilbert-függvény, példák, számítógépes kísérletek. Gyűrűk és modulusok alapfogalmai, láncfeltételek, szabad modulusok. Végesen generált modulusok, Cayley–Hamilton-tétel, Nakayama-lemma. Lokalizáció és tenzorszorzat. Modulusok szabad feloldásai, modulusok Gröbner-elmélete, számítások modulusokkal, a Hilbert-féle kapcsolat-tétel.

Irodalom:
Andreas Gathmann: A. Gathmann, Algebraic geometry, notes for a one-year course taught in the Mathematics International program at the University of Kaiserslautern (2003), http://www.mathematik.uni-kl.de/~gathmann/en/pub.html
I.R. Shafarevich: Basic Algebraic Geometry I.-II., Springer Verlag (1995)

Miles Reid: Undergraduate Commutative Algebra, Cambridge University Press (1996)
Robin Hartshorne: Algebraic Geometry, Springer Verlag (1977)
M.F. Atiyah, I.G. Macdonald: Introduction to commutative algebra, Addison Wesley Publishing (1994)

Commutative algebra and algebraic geometry

3/1/0/f/5

(topical classification according to "KKK": not specified)

Course coordinator: Alex Küronya
Other instructors: Erzsébet Horváth, Lajos Rónyai

Remark: Students taking the course are expected to learn at least one computer algebra package (Macaulay 2 or Singular) intended for the purposes of commutative algebra. It is strongly suggested that the students submit weekly homeworks ets.
Closed algebraic sets and their coordinate rings, morphisms, irreducibility and dimension, Hilbert Nullstellensatz, the correspondence between radical ideals and subvarieties of affine space. Monomial orders, Gröbner bases, Buchberger algorithms, computations in polynomial rings. From regular functions to rational maps, local rings, fundamentals of sheaf theory, ringed spaces. Projective space and its subvarieties, homogeneous coordinate ring, morphisms, the image of a projective variety is closed. Geometric constructions: Segre and Veronese embeddings, Grassmann varieties, projection from a point, blow-up. Dimension of affine and projective varieties, hypersurfaces. Smooth varieties, Zariski tangent space, the Jacobian condition. Hilbert function and Hilbert polynomial, examples, computer experiments. Basic notions of rings and modules, chain conditions, free modules. Finitely generated modules, Cayley-Hamilton theorem, Nakayama lemma. Localization and tensor product. Free resolutions of modules, Gröbner theory of modules, computations, Hilbert syzygy theorem.

References:
Andreas Gathmann: A. Gathmann, Algebraic geometry, notes for a one-year course taught in the Mathematics International program at the University of Kaiserslautern (2003) , http://www.mathematik.uni-kl.de/~gathmann/en/pub.html
I.R. Shafarevich: Basic Algebraic Geometry I.-II., Springer Verlag (1995)
Miles Reid: Undergraduate Commutative Algebra, Cambridge University Press (1996)
Robin Hartshorne: Algebraic Geometry, Springer Verlag (1977)
M.F. Atiyah, I.G. Macdonald: Introduction to commutative algebra, Addison Wesley Publishing (1994)

Csoportelmélet

3/1/0/f/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: nincs megadva)

Tárgyfelelős: Horváth Erzsébet
További oktatók: Lukács Erzsébet, Héthelyi László, Rónyai Lajos

Permutáciocsoportok, csoporthatások. Konjugáltság, normalizátor, cetralizátor, centrum, osztályegyenlet, Cauchy tétele. Csoport automorfizmusai, szemidirekt szorzat, koszorúszorzat. Csoportb_vítések. Sylow-tetelek. Véges p-csoportok. Nilpotens, ill. feloldható csoportok. Véges nilpotens csoportok jellemzése. Transzfer, normál komplementumtételek. Szabad csoportok, definiáló relációk. Szabad Abel-csoportok. Végesen generált Abel-csoportok alaptétele, alkalmazások. Lineáris csoportok, klasszikus csoportok. A reprezentációelmélet elemei.

Irodalom:
P.J. Cameron, Permutation groups, LMS Student Texts 45, CUP 1999.
B. Huppert, Endliche Gruppen I. Springer 1967.
D. Gorenstein, Finite groups, Chelsea Publishing Company, 1980.
M. Aschbacher, Finite group theory, Cambridge Studies in Advanced Mathematics 10, CUP 2000.
D.J.S. Robinson, A course in the theory of groups, GTM 80, Springer 1996.
J.J. Rotman, An introduction to the theory of groups, GTM 148, Springer 1995.
B. Szendrei Mária, Czédli Gábor, Szendrei Ágnes, Absztrakt algebrai feladatok, JATE TTK, JATEPress 1993.

Group theory

3/1/0/f/5

(topical classification according to “KKK”: not specified)

Course coordinator: Erzsébet Horváth
Other instructors: Erzsébet Lukács, László Héthelyi, Lajos Rónyai

Permutation groups, group actions. Conjugacy classes, normalizer, centralizer, centre. Class equation, Cauchy's theorem. Group authomorphisms, semidirect product, wreath product. Group extensions. Sylow theorems. Finite p-groups. Solvable and nilpotent groups. Characterization of finite nilpotent groups. Transfer, normal p-complement theorems. Free groups, presentations. Free abelian groups, Fundamental theorem of finitely generated abelian groups, applications. Linear groups, classical groups. Elements of representation theory.

References:
P.J. Cameron, Permutation groups, LMS Student Texts 45, CUP 1999.
B. Huppert, Endliche Gruppen I. Springer 1967.
D. Gorenstein, Finite groups, Chelsea Publishing Company, 1980.
M. Aschbacher, Finite group theory, Cambridge Studies in Advanced Mathematics 10, CUP 2000.
D.J.S. Robinson, A course in the theory of groups, GTM 80, Springer 1996.
J.J. Rotman, An introduction to the theory of groups, GTM 148, Springer 1995.
B. Szendrei Mária, Czédli Gábor, Szendrei Ágnes, Absztrakt algebrai feladatok, JATE TTK, JATEPress 1993.

Dinamikai rendszerek

3/1/0/v/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: Alkalmazott analízis)

Tárgyfelelős: Bálint Péter
További oktatók: Simon Károly

Folytonos és diszkrét idejű dinamikai rendszerek, folytonos versus diszkrét: követőfüggvény, diszkretizáció. Egyensúlyi helyzetek lokális elmélete: Grobman–Hartman lemma, stabil-instabil-centrális sokaság, Poincaré normálforma. Attraktorok, Ljapunov-függvények, LaSalle-elv, fázisportré. Strukturális stabilitás, egyensúlyi helyzetek/fixpontok és periodikus megoldások elemi bifurkációi, bifurkációs görbék biológiai modellekben. Sátor és logaritmikus függvények, Smale-patkó, szolenoid: topológiai, kombinatorikus, mértékelméleti tulajdonságok. Káosz a Lorenz-modellben.

Irodalom:
P. Glendinning: Stability, Instability and Chaos, Cambridge University Press, Cambridge, 1994
C. Robinson: Dynamical Systems, CRC Press, Boca Raton, 1995
S. Wiggins: Introduction to Applied Nonlinear Analysis and Chaos, Springer, Berlin, 1988

Dynamical systems

3/1/0/v/5

(topical classification according to “KKK”: Applied analysis)

Course coordinator: Péter Bálint
Other instructors: Károly Simon

Continuous-time and discrete-time dynamical systems, continuous versus descrete: first return map, discretization. Local theory of equilibria: Grobman–Hartman lemma, stable-unstable-center manifold, Poincaré's normal form. Attractors, Liapunov functions, LaSalle principle, phase portrait. Structural stability, elementary bifurcations of equilibria, of fixed points, and of periodic orbits, bifurcation curves in biological models. Tent and logistic curves, Smale horseshoe, solenoid: properties from topological, combinatorial, and measure theoretic viewpoints. Chaos in the Lorenz model.

References:
P. Glendinning: Stability, Instability and Chaos, Cambridge University Press, Cambridge, 1994.
C. Robinson: Dynamical Systems, CRC Press, Boca Raton, 1995.
S. Wiggins: Introduction to Applied Nonlinear Analysis and Chaos, Springer, Berlin, 1988.

Fourier analízis és függvénysorok

3/1/0/v/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: Alkalmazott analízis)

Tárgyfelelős: G. Horváth Ákosné
További oktatók: Horváth Miklós, Járai Antal

A trigonometrikus rendszer teljessége. Fourier-sorok. A Parseval képlet és alkalmazásai. Ortogonális függvényrendszerek, Legendre polinomok, Haar- és Rademacher-féle rendszerek. Bevezetés a waveletekbe, wavelet ortonormált rendszerek és alkalmazásaik. Integrálható függvények Fourier-transzformációja.
Laplace-transzformáció és alkalmazásai. Fourier-sorok konvergenciája, Dirichlet-féle formula, Dini és Lipschitz konvergencia kritériumok. Fejér példája divergens Fourier sorra. Fourier-sorok összegezése, Fejér tétele, az Abel–Poisson-féle módszer.
Weierstrass approximációs tétele, Stone tétele és annak alkalmazásai. Legjobb megközelítés Hilbert-terekben, Müntz tétele a hézagos polinomok sűrűségéről.
Lineáris operátorokkal való közelítés, Lagrange interpoláció, Lozinski–Harshiladze-tétel. A legjobb polinomapproximáció hibabecslése, Jackson tételei. Pozitív lineáris operátorok approximációs tulajdonságai, Korovkin tétele, Bernstein polinomok, Hermite–Fejér operátor. Bevezetés a spline-approximációba, B-spline-ok, spline-ok konvergencia-tulajdonságai.

Irodalom:
N.I. Ahijezer: Előadások az approximáció elméletéről, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1951
Szökefalvi-Nagy Béla: Valós függvények és függvénysorok, Tankönyvkiadó, Budapest, 1975
G. Lorentz, M.V. Makovoz: Constructive Approximation, Springer, 1996
M.J.D. Powell: Approximation Theory and methods, Cambridge University Press, 1981

Fourier analysis and function series

3/1/0/v/5

(topical classification according to “KKK”: Applied analysis)

Course coordinator: Ágota G. Horváth
Other instructors: Miklós Horváth, Antal Járai

Completeness of the trigonometric system. Fourier series, Parseval identity. Systems of orthogonal functions, Legendre polynomials, Haar and Rademacher systems. Introduction to wavelets, wavelet orthonormal systems. Fourier transform, Laplace transform, applications. Convergence of Fourier series: Dirichlet kernel, Dini and Lischitz convergence tests. Fejer’s example of divergent Fourier series. Fejer and Abel-Poisson summation. Weierstrass-Stone theorem, applications. Best approximation in Hilbert spaces. Müntz theorem on the density of lacunary polynomials. Approximations by linear operators, Lagrange interpolation, Lozinski-Harshiladze theorem. Approximation by polynomials, theorems of Jackson. Positive linear operators Korovkin theorem, Bernstein polynomials, Hermite-Fejer operator. Spline approximation, convergence, B-splines.
References:

N.I. Ahijezer: Előadások az approximáció elméletéről, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1951
Szőkefalvi-Nagy Béla: Valós függvények és függvénysorok, Tankönyvkiadó, Budapest, 1975
G. Lorentz, M.V. Makovoz: Constructive Approximation, Springer, 1996
M.J.D. Powell: Approximation Theory and methods, Cambridge University Press, 1981

Parciális differenciálegyenletek 2

3/1/0/f/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: Alkalmazott analízis)

Tárgyfelelős: Kiss Márton
További oktatók: Garay Barnabás, Járai Antal, Karátson János

A Laplace-operator Szoboljev térben (ismétlés a BSc anyag alapján). Másodrendű lineáris parabolikus egyenletek gyenge és erős megoldásai. Ritz–Galerkin approximáció. Lineáris operátorfélcsoportok (Evans és Robinson szerint). Reakció-diffúzió (kvázilineáris parabolikus) egyenletek gyenge és erős megoldásai. Ritz–Galerkin approximáció. Nemlineáris operátorfélcsoportok (Evans és Robinson szerint). Csak példákban: monotonitás, maximum-elvek, invariáns tartományok, egyensúlyi helyzet stabilitásának vizsgálata linearizálással, utazó hullámok (Smoller szerint). Globális attraktor. Inerciális sokaság (Robinson szerint).

Irodalom:

L.C. Evans: Partial Differential Equations, American Mathematical Society, Providence, 2002
J. Smoller: Shock Waves and Reaction-Diffusion Equations, Springer, Berlin, 1983
J.C. Robinson: Infinite-dimensional Dynamical Systems, Cambridge University Press, 2001

Partial differential equations 2

3/1/0/f/5

(topical classification according to “KKK”: Applied analysis)

Course coordinator: Márton Kiss
Other instructors: Barnabás Garay, Antal Járai, János Karátson

The Laplacian in Sobolev space (revision). Weak and strong solutions to second order linear parabolic equations. Ritz-Galerkin approximation. Linear operator semigroups (According to Evans and Robinson). Weak and strong solutions to reaction-diffusion (quasilinear parabolic) equations. Ritz–Galerkin approximation. Nonlinear operator semigroups (According to Evans and Robinson). Only in examples: monotonicity, maximum principles, invariant regions, stability investigations for equilibria by linearization, travelling waves (According to Smoller). Global attractor. Inertial manifold (According to Robinson).

References:
L.C. Evans: Partial Differential Equations, AMS, Providence R.I., 1998
J. Smoller: Shock Waves and Reaction-Diffusion Equations, Springer, Berlin, 1983
J.C. Robinson: Infinite-dimensional Dynamical Systems, CUP, Cambridge, 2001

Elméleti számítástudomány

3/1/0/f/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: Diszkrét matematika, Algoritmuselmélet)

Tárgyfelelős: Ferenczi Miklós
További oktatók: Rónyai Lajos, Ivanyos Gábor, Friedl Katalin

A logikai programozás és gépi bizonyítas elméleti alapjai. Véges modellek és bonyolultság. Nem-klasszikus logikák a számítástudományban: temporális, dinamikus, program logikák. Rekurzív függvények és a lambda-kalkulus kapcsolata. Boole-algebrák, reláció algebrák és alkalmazásaik.
Fontosabb gépmodellek. Bonyolultságelméleti alapfogalmak, nevezetes idő és térosztályok. NP-teljesség. Randomizált számítások. Algoritmustervezési módszerek.
Fejlett adatszerkezetek, amortizációs elemzés. Mintaillesztés szövegben. Adattömörítés.

Irodalom:
Carmen, T.H., Leiserson, C.E., Rivest: Algoritmusok, Műszaki Kiadó, 1999
Rónyai L., Ivanyos G., Szabó R.: Algoritmusok, Typotex, 2001
Ferenczi M.: Matematikai Logika, Műszaki Kiadó, 2002
Galton, A.: Logic for Information Technology, Wiley, 1990

Theoretical computer science

3/1/0/f/5

(topical classification according to “KKK”: Discrete mathematics, Theory of algorithms)

Course coordinator: Miklós Ferenczi
Other instructors: Lajos Rónyai, Gábor Ivanyos, Katalin Friedl

Foundations of logic programming and automated theorem proving. Finite models and complexity. Non classical logics in Computer Science: temporal dynamic and programming logics. Recursive functions and lambda calculus. Boole algebras, relational algebras and their applications.
Some important models of computation. Basic notions of complexity theory, some important time and spaces classes. NP completeness. Randomised computation. Algorithm design techniques.
Advanced data structures, amortised costs. Pattern matching in text.
Data compression.

References:
Carmen, T.H., Leiserson, C.E., Rivest: Algoritmusok, Műszaki Kiadó, 1999
Rónyai L., Ivanyos G., Szabó R.: Algoritmusok, Typotex, 2001

Ferenczi M.: Matematikai Logika, Műszaki Kiadó, 2002
Galton, A.: Logic for Information Technology, Wiley, 1990

Algebrai és általános kombinatorika

3/1/0/v/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: Diszkrét matematika)

Tárgyfelelős: Friedl Katalin
További oktatók: Küronya Alex, Recski András, Szeszlér Dávid, Wiener Gábor

A Young-tablók kombinatorikája, tablógyűrűk, Pieri-formulák, Schur-polinomok, Kostka-számok. Robinson–Schensted–Knuth megfeleltetés. Littlewood–Richardson-számok és -tétel. Nevezetes szimmetrikus polinomok és generátorfüggvényeik, Cauchy–Littlewood formulák. A szimmetrikus polinomok alaptételének Garsia-féle általánosítása. Bázisok a szimmetrikus függvények gyűrűjében.
Fejezetek a kombinatorikus optimalizálás módszereiből: Mohó algoritmus, javító algoritmusok, matroid-elméleti alapfogalmak, matroid metszet algoritmus. Közelítő algoritmusok (pl. halmazfedés, Steiner-fák, utazó ügynök probléma). Ütemezési algoritmusok (egygépes ütemezés, ütemezés párhuzamos gépekre, ládapakolás).

Irodalom:
William Fulton, Young Tableaux: With Applications to Representation Theory and Geometry (London Mathematical Society Student Texts) (Paperback), Cambridge University Press, 1996
Richard P. Stanley: Enumerative Combinatorics I.- II., Cambridge University Press, 2001

General and algebraic combinatorics

3/1/0/v/5

(topical classification according to “KKK”: Discrete mathematics)

Course coordinator: Katalin Friedl
Other instructors: Alex Küronya, András Recski, Dávid Szeszlér, Gábor Wiener

Combinatorics of the Young tableaux, tableau rings. Pieri formulas, Schur polynomials, Kostka numbers. Robinson-Schensted-Knuth correspondence. Littlewood-Richardson numbers, Littlewood-Richardson theorem. Important symmetric polynomials, their generating functions. Cauchy-Littlewood formulas. Garsia's generalization of the fundamental theorem on symmetric polynomials. Bases of the ring of symmetric functions.
Topics from combinatorial optimization: greedy algorithm, augmenting methods. Matroids, their basic properties, matroid intersection algorithm. Approximation algorithms (set cover, travelling salesman, Steiner trees). Scheduling algorithms (single machine scheduling, scheduling for parallel machines, bin packing).

References:
William Fulton, Young Tableaux: With Applications to Representation Theory and Geometry (London Mathematical Society Student Texts) (Paperback), Cambridge

University Press, 1996
Richard P. Stanley: Enumerative Combinatorics I.- II., Cambridge University Press, 2001

Reprezentációelmélet

3/1/0/f/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: egyéb, KKK szerint nem besorolt)

Tárgyfelelős: Küronya Alex
További oktatók: Szenes András

Differenciálható sokaságok, atlasz, sokaságok közti leképezések, immerzió, szubmerzió, részsokaság, érintő; tér, vektormező, Lie-derivált (szükség esetén topológiai hézagpótlás: kompaktság, összefüggőség, homotópia, fundamentális csoport).
Vektornyalábok, alternáló formák vektortereken, differenciálformák és integrálásuk, Stokes-tétel (bizonyítás nélkül).
Multilineáris algebrai konstrukciók (tenzorszorzat, szimmetrikus és alternáló szorzat, összehúzás) és alkalmazásuk vektornyalábokra.
Lie-csoportok definíciója és alapvető tulajdonságaik, exponenciális leképezés, invariáns vektormezők, Lie-csoport Lie-algebrája.
Mátrix Lie-csoportok és Lie-algebráik, fontos példák.
Csoportok reprezentációelmélete általában, karakterek, lineáris algebrai konstrukciók, Lie-csoportok folytonos reprezentációi, összefüggés Lie-csoportok és a hozzájuk tartozó Lie-algebrák reprezentációi között.
Lie-algebrák alapjai, derivációk, nilpotens és feloldható Lie-algebrák, Engel és Lie tételei, Jordan-Chevalley felbontás, Cartan-féle és maximális torális részalgebrák.
Féligegyszerű Lie-algebrák, Killing-forma, reprezentációk teljes felbonthatósága.
Az sl_2 Lie-algebra reprezentációelmélete, gyökrendszerek, Cartan-mátrix, Dynkin-diagram, gyökrendszerek osztályozása, féligegyszerű Lie-algebrák.
Mátrix Lie-csoportok reprezentációi, Weyl-kamrák, Borel-részalgebra.
Peter–Weyl tétel.

Irodalom:
Glen Bredon: Topology and Geometry, Springer Verlag (1997)
Jürgen Jost: Riemannian Geometry and Geometric Analysis, 4. kiadás, Springer Verlag (2005)
William Fulton, Joseph Harris: Representation Theory: a First Course, Springer Verlag (1999)
Daniel Bump: Lie Groups, Springer Verlag (2004)
James E. Humphreys: Introduction to Lie Algebras and Representation Theory, Springer Verlag (1997)

Representation theory

3/1/0/f/5

(topical classification according to “KKK”: not specified)

Course coordinator: Alex Küronya

Other instructors: András Szenes

Differentiable manifolds, atlas, maps, immersion, submersion, submanifold, tangent space, vector field, Lie-derivative, topological background.
Vector bundles, alternating forms on linear spaces, differential forms, their integration, Stokes theorem.
Multilinear algebra (tensors, symmetric and alternating spaces, contraction) and applications to vector bundles.
Lie groups and their basic properties; exponential map, invariant vector field, Lie algebra.
Matrix Lie groups and their Lie algebras, examples.
Representations of groups in general, caharcters, linear algebraic constructions. Continuous representations of Lie groups, connections among representations of Lie groups and the representations of their Lie algebras.
Basics about Lie algebras, derivations, nilpotent and solvable algebras, theorems of Engel and Lie, Jordan-Chevalley decomposition, Cartan subalgebras.
Semisimple Lie algebras, Killing form, completely reducible representations.
The representations of sl_2 , root systems, Cartan matrix, Dynkin diagram, classification of semisimple Lie algebras.
Representations of matrix Lie groups, Weyl chambers, Borel subalgebra.
The Peter-Weyl theorem

References:
Glen Bredon: Topology and Geometry, Springer Verlag (1997)
Jürgen Jost: Riemannian Geometry and Geometric Analysis, 4. edition, Springer Verlag (2005)
William Fulton, Joseph Harris: Representation Theory: a First Course, Springer Verlag (1999)
Daniel Bump: Lie Groups, Springer Verlag (2004)
James E. Humphreys: Introduction to Lie Algebras and Representation Theory, Springer Verlag (1997)

Differenciálgeometria és topológia

3/1/0/v/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: egyéb, KKK szerint nem besorolt)

Tárgyfelelős: Szabó Szilárd
További oktatók: Etesi Gábor

Sima sokaságok, differenciál-formák, külső deriválás, Lie-deriválás. Stokes tétele, de Rham-kohomológia, Poincaré-lemma, Mayer–Vietoris egzakt sorozat, Poincaré-dualitás. Riemann-sokaságok, Levi–Civitá konnexió, görbületi tenzor, állandó görbületű terek. Geodetikusok, exponenciális leképezés, geodetikus teljesség, a Hopf–Rinow tétel, Jacobi-mezők, a Cartan–Hadamard-tétel, Bonnet tétele.

Irodalom:
J. M. Lee: Riemannian Manifolds: an Introduction to Curvature, Graduate Texts in Mathematics 176, Springer Verlag

P. Petersen: Riemannian Geometry, Graduate Texts in Mathematics 171, Springer Verlag
J. Cheeger, D. Ebin: Comparison Theorems in Riemannian Geometry, North-Holland Publishing Company, Vol. 9, 1975
Szőkefalvi-Nagy Gy., Gehér L., Nagy P.: Differenciálgeometria, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979

Differential geometry and topology

3/1/0/v/5

(topical classification according to “KKK”: not specified)

Course coordinator: Szilárd Szabó
Other instructors: Gábor Etesi

Smooth manifolds, differential forms, exterior derivation, Lie-derivation. Stokes' theorem, de Rham cohomology, Mayer–Vietoris exact sequence, Poincaré-duality. Riemannian manifolds, Levi–Civitá connection, curvature tensor, spaces of constant curvature. Geodesics, exponential map, geodesic completeness, the Hopf–Rinow theorem, Jacobi fields, the Cartan–Hadamard theorem, Bonnet's theorem.

References:
J. M. Lee: Riemannian Manifolds: an Introduction to Curvature, Graduate Texts in Mathematics 176, Springer Verlag
P. Petersen: Riemannian Geometry, Graduate Texts in Mathematics 171, Springer Verlag
J. Cheeger, D. Ebin: Comparison Theorems in Riemannian Geometry, North-Holland Publishing Company, Vol. 9, 1975
Szőkefalvi-Nagy Gy., Gehér L., Nagy P.: Differenciálgeometria, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979

Globális optimalizálás

3/1/0/f/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: Operációkutatás, Algoritmuselmélet)

Tárgyfelelős: Gazdag-Tóth Boglárka
További oktatók: Gazdag-Tóth Boglárka

Globális optimalizálási feladatok különböző alakjai, ezek egymásba való átalakításai, redukálása egydimenziós feladatra. A globális optimalizálási feladat műveletigényének viszonya a lineáris programozáséhoz. A globális optimalizálási módszerek osztályozásai. Lagrange-függvény, Kuhn–Tucker-tétel, konvex-, DC programozás. Sztochasztikus programozás alapmodelljei, megoldó módszerek. Sztochasztikus és multi-start eljárások globális optimalizálásra, konvergenciájuk, megállási feltételeik. Lipschitz konstansra támaszkodó eljárások, konvergenciatételek. Korlátozás és szétválasztás módszere, intervallum aritmetikán alapuló eljárások, automatikus differenciálás. Több célfüggvényes optimalizálás.

Irodalom:

R. Horst and P. Pardalos: Handbook of Global Optimization, Kluwer, 1995
R. Horst, P.M. Pardalos, and N.V. Thoai: Introduction to Global Optimization, Kluwer, 1995
A. Törn and A. Zilinskas: Global Optimization, Springer, 1989

Global optimization

3/1/0/f/5

(topical classification according to “KKK”: Operations research, Theory of algorithms)

Course coordinator: Boglárka Gazdag-Tóth
Other instructors: Boglárka Gazdag-Tóth

Different forms of global optimization problems, their transformation to each other, and their reduction to the one-dimensional problem. Comparison of the complexity of global optimization and linear programming problems. Classifications of the global optimization methods. Lagrange function, Kuhn–Tucker theorem, convex and DC programming. Basic models and methods of stochastic programming. Multi-start and stochastic methods for global optimization, their convergence properties and stopping criteria. Methods based on Lipschitz constant, and their convergence properties. Branch and Bound schema, methods based on interval analysis, automatic differentiation. Multi-objective optimization.

References:
R. Horst and P. Pardalos: Handbook of Global Optimization, Kluwer, 1995
R. Horst, P.M. Pardalos, and N.V. Thoai: Introduction to Global Optimization, Kluwer, 1995
A. Törn and A. Zilinskas: Global Optimization, Springer, 1989

Kombinatorikus optimalizálás

3/1/0/v/5

Tárgyfelelős: Recski András
További oktatók: Hujter Mihály

Gráfelméleti algoritmuscsaládok (legrövidebb út, párosítás, hálózati folyamok, a PERT-módszer) átismétlése, nevezetes NP-teljes feladatok a gráfelméletben (pontszínezés, független pontok maximális száma, maximális klikk-méret, Hamilton-kör és -út létezése, az utazó ügynök problémája, irányított köröket lefogó maximális halmazok) és rokon területeken (az egészértékű programozás alapfeladata, a többtermékes folyamprobléma). A lineáris programozás dualitás tételének alkalmazásai, egészértékű programozás, kombinatorikus optimalizálási feladatok, totális unimodularitás: maximális összsúlyú teljes párosítás (optimal assignment), minimálköltségű folyamprobléma egytermékes hálózatban. Matroidok definíciója, bázis, kör, rang, dualitás, minorok. Grafikus és koordinátázható matroidok, Tutte és Seymour tételei. Orákulumok, mohó algoritmus, k-partíció és 2-metszet algoritmus, a 3-metszet probléma, polimatroidok. Polinomrendű algoritmusokkal megoldható nevezetes műszaki problémák: a) a villamos hálózatok klasszikus elméletében (ellenálláshálózatok egyértelmű megoldhatósága, gráfok kör- és vágásmátrixainak tulajdonságai, általánosítás passzív és/vagy nonreciprok hálózatokra), b) a nagybonyolultságú áramkörök tervezésében (egyetlen pontsor huzalozása a Manhattanmodellben, csatornahuzalozás a különféle modellekben, az éldiszjunkt modell alkalmazása) és c) a rúdszerkezetek merevségével kapcsolatos kérdésekben (merevség, infinitezimális merevség, genetikus merevség, Laman tétele, Lovász és Yemini algoritmusa, a síkbeli rúdszerkezetek minimális számú csuklóval való lefogásának problémája, négyzetrácsok merevítésének kombinatorikus kérdései).

Irodalom:
Jordán Tibor, Recski András, Szeszlér Dávid: Kombinatorikus optimalizálás, Typotex Kiadó, Budapest, 2004

Combinatorial optimization

3/1/0/v/5

Course coordinator: András Recski
Other instructors: Mihály Hujter

Basic concepts of matroid theory (independence, bases, circuits, rank). Dual, minors, direct sum, graphic and cographic matroids. Vector matroids, representability, binary and regular matroids, the theorems of Tutte and Seymour. Sum of matroids, the matroid partition algorithm, complexity of the matroid intersection problem. Polymatroid rank function, Lovasz' theorem on polymatroid matching. Approximation algorithms. Scheduling problems. Applications in engineering (constructing reliable telecommunication networks, (disjoint trees, connectivity augmentation), detailed routing of VLSI circuits, solvability of active linear networks, rigidity of bar-and-joint frameworks).

Reference:
Jordán Tibor, Recski András és Szeszlér Dávid: Kombinatorikus optimalizálás, Typotex Kiadó, Budapest, 2004

Lineáris programozás

3/1/0/v/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: Operációkutatás, Algoritmuselmélet)

Tárgyfelelős: Illés Tibor
További oktatók: Hujter Mihály

Konvex poliéderek. Minkowski tétel, Farkas tétel, Weyl tétel, Motzkin felbontási tétele. A lineáris programozás feladata, példák lineáris programozási feladatra, grafikus szemléltetés. A lineáris programozási feladat megengedett megoldásának, bázismegoldásának fogalma, a szimplex módszer alap algoritmusa. A ciklizálás és annak kizárási lehetőségei: lexikografikus szimplex módszer, Bland szabály alkalmazása. Induló megengedett bázis keresése, a kétfázisú szimplex módszer. Az explicit bázisinverz és a módosított szimplex módszer. A lineáris programozás dualitás elmélete. Kiegészítő eltérések tételei. A játékelmélet. Kétszemélyes zéróösszegű játékok elmélete, Neumann János tétele. A duál szimplex módszer és a metszősík algoritmusok. A Gomory-féle metszősík algoritmus egészértékű programozási feladatok megoldására. Speciális lineáris programozási, illetve arra visszavezethető feladatok. Szállítási feladat, gráfelméleti alapfogalmak és azok alkalmazása a szállítási feladat szimplex módszerrel történő megoldására (‘stepping stone’ algoritmus). Duál változók módszere az optimalitás teszt gyors végrehajtására. Hozzárendelési feladat, Kőnig–Egerváry-tétel és a magyar módszer. Hiperbolikus programozási feladat visszavezetése lineáris programozásra a Martos-féle módszerrel. Szeparábilis programozási feladat. Egyedi felső korlát technika. A Dantzig-Wolfe dekompozíciós eljárás, ellipszoid módszer és a belső pontos algoritmusok vázlata.

Irodalom:
Prékopa András: Lineáris programozás, I. Bolyai János Matematikai Társulat, 1968
A. Schrijver: Theory of Linear and Integer Programming, John Wiley, New York, 1986
R.J. Vanderbei: Linear Programming: Foundations and Extensions, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1997

Linear programming

3/1/0/v/5

(topical classification according to “KKK”: Operations research, Theory of algorithms)

Course coordinator: Tibor Illés
Other instructors: Mihály Hujter

Convex polyhedra. Minkowski theorem, Farkas theorem, Weyl theorem, Motzkin's decomposition theorem. The problem of linear programming, examples for linear programming problems, graphical solution and interpretation. The concept of feasible solutions, basic solutions, the simplex algorithm. Cycling and techniques for exclusion of cycling: lexicographical simplex method, Bland's rule. Finding starting feasible basis, the two phase simplex method. Explicit basis inverze simplex method, modified simplex method. The duality theory of the linear programming. Complementarity theorems. Game theory. Two persons, zero sum games, Neumann's theorem. The dual simplex method and cutting plane algorithms. Gomory's cutting plane algorithm for the solution of integer programming problems. Special linear programming problems. Transportation problem, the main concepts of graph theory and their application for the solution of transportation problems by simplex algorithm (stepping stone algorithm). The method of dual variables for pricing in transportation problems. Assignment problem, theorem of Kőnig-Egerváry and the Hungarian method. Hiperbolic programming and the solution algorithm by Martos. Separable programming problem. Upper bounding techniques. The Dantzig-Wolfe decomposition, elements of the inner point algorithms.

References:
Prékopa András: Lineáris programozás, I. Bolyai János Matematikai Társulat, 1968
A. Schrijver: Theory of Linear and Integer Programming, John Wiley, New York, 1986
R.J. Vanderbei: Linear Programming: Foundations and Extensions, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1997

Sztochasztikus analízis és alkalmazásai

3/1/0/v/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: Sztochasztika)

Tárgyfelelős: Simon Károly

További oktatók: Tóth Bálint, Fritz József, Szabados Tamás, Morvai Gusztáv

Bevezetés, ismétlés: Markov-folyamat, sztochasztikus félcsoport, infinitezimális generátor, martingál, megállási idő. Brown-mozgás: Brown-mozgás fenomenologikus leírása, véges dimenziós peremeloszlások, és folytonosság. Wiener-folyamat konstrukciója, erős Markov tulajdonság. Rekurrencia, skálázás, idő megfordítás. Tükrözési elv és alkalmazásai. Trajektóriák majdnem biztos analitikus tulajdonságai: folytonosság, Hölder-tulajdonság, nem differenciálhatóság, kvadratikus variáció, szinthalmazok. Folytonos martingálok: Definíció és jellemzés. Schwartz–Dubbins tétel. Exponenciális martingál. Lévy-folyamatok: Független és stacionárius növekmények, Lévy–Hincsin formula és a folyamatok felbontása. Konstrukció Poisson pont folyamat segítségével. Szubordinátor folyamatok. Stabilis folyamatok. Példák és alkalmazások.

Sztochasztikus integrálás I.: Diszkrét sztochasztikus integrálás bolyongás szerint és diszkrét idejű martingál szerint. Alkalmazások, diszkrét Black–Scholes. Sztochasztikus integrálás Poisson-folyamat szerint. Diszkrét állapotterű Markov-folyamat martingáljai. Kvadratikus variáció, Doob–Meyer felbontás.

Sztochasztikus integrálás II.: Jósolható folyamatok és az Itô-integrál Wiener-folyamat szerint kvardatikus variáció folyamat. Doob–Meyer-felbontás. Itô-formula és alkalmazásai.

Irodalom:

K.L. Chung, R. Williams: Introduction to stochastic integration. Second edition. Birkauser, 1989

R. Durrett: Probability: theory and examples. Second edition. Duxbury, 1996

B. Oksendal: Stochastic Differential equations. Sixth edition. Springer, 2003

D. Revuz, M. Yor: Continuous martingales and Brownian motion. Third edition. Springer, 1999

G. Samorodnitsky & M. S. Taqqu: Stable Non-Gaussian Random Processes: Stochastic Models with Infinite Variance, Chapman and Hall, New York, 1994

válogatott cikkek, előadó jegyzetei

Stochastic analysis and applications

3/1/0/v/5

(topical classification according to “KKK”: Stochastics)

Course coordinator: Károly Simon

Other instructors: Bálint Tóth, József Fritz, Tamás Szabados, Gusztáv Morvai

Introduction. Markov processes, stochastic semi-groups, infinitesimal generators, martingales, stopping times. Brownian motion. Brownian motion in nature. Finite dimensional distributions and continuity of Brownian motion. Constructions of the Wiener process. Strong Markov property. Self-similarity and recurrence of Brownian motion, time reversal. Reflection principle and its applications. Local properties of

Brownian path: continuity, Hölder continuity, non-differenciability. Quadratic variations. Continuous martingales. Definition and basic properties. Dubbins-Schwartz theorem. Exponential martingale. Lévy processes. Processes with independent and stationary increments, Lévy-Hintchin formula. Decomposition of Lévy processes. Construction by means of Poisson processes. Subordinators, and stable processes. Examples and applications.
Stochastic integration I. Discrete stochastic integrals with respect to random walks and discrete martingales. Applications, discrete Balck-Scholes formula. Stochastic integrals with respect to Poisson process. Martingales of finite state space Markov processes. Quadratic variations. Doob-Meyer decomposition.
Stochastic integration II. Predictable processes. Itô integral with respect to the Wiener process, quadratic variation process. Doob-Meyer decomposition. Itô formula and its applications.

References:
K.L. Chung, R. Williams: Introduction to stochastic integration. Second edition. Birkauser, 1989
R. Durrett: Probability: theory and examples. Second edition. Duxbury, 1996
B. Oksendal: Stochastic Differential equations. Sixth edition. Springer, 2003
D. Revuz, M. Yor: Continuous martingales and Brownian motion. Third edition. Springer, 1999
G. Samorodnitsky & M. S. Taqqu: Stable Non-Gaussian Random Processes: Stochastic Models with Infinite Variance, Chapman and Hall, New York, 1994
selected papers, lecture notes

Statisztika és információelmélet

3/1/0/f/5

(KKK szerinti tematikus besorolás: Sztochasztika)

Tárgyfelelős: Bolla Marianna
További oktatók: Györfi László

Becslések és hipotézisvizsgálat többdimenziós paramétertérben: Fisher-információs-mátrix, likelihood-hányados-próba. Hipotézisvizsgálat többdimenziós Gauss-modellben: Mahalanobis-távolság, Wishart-, Hotelling-, Wilks-eloszlások. Lineáris becslések, Gauss–Markov-tétel. Regresszióanalízis, egy- és többszempontos varianciaanalízis, mint lineáris modell. ANOVA-táblázatok, Fisher–Cochran-tétel. Főkomponens- és faktoranalízis. Faktorok becslése és forgatása, hipotézisvizsgálatok a faktorok számára.
Hipotézisvizsgálat és I-divergencia (diszkrét eset). I-vetületek, exponenciális eloszláscsalád esetén a maximum likelihood becslés, mint I-vetület. A megfelelő I-divergencia-statisztika határeloszlása. Kontingenciatáblázatok analízise információelméleti módszerrel, loglineáris modellek. Információelméleti alapú statisztikai algoritmusok: iteratív arányos illesztés, EM-algoritmus. Maximális entrópia módszere.

Irodalom:
M. Bolla, A. Krámli: Statisztikai következtetések elmélete, Typotex, Budapest, 2005

I. Csiszár, P. C. Shields: Információelmélet és statisztika. Oktatási segédanyag (angolul).
Alapok és trendek a kommunikáció- és információelméletben c. kiadványnak 420-525. oldala, Now Publ. Inc., Hollandia, 2004. (Szintén elérhető a Rényi Intézet www.renyi.hu honlapján, Csiszár Imre oktatási segédanyagainál.)

Statistics and information theory

3/1/0/f/5

(topical classification according to "KKK": Stochastics)

Course coordinator: Marianna Bolla
Other instructors: László Györfi

Multivariate statistical inference in multidimensional parameter spaces: Fisher's information matrix, likelihood ratio test. Testing hypotheses in multivariate Gauss model: Mahalanobis' distance, Wishart's, Hotelling's, Wilks' distributions. Linear statistical inference, Gauss–Markov theorem. Regression analysis, one- and two-way analysis of variance as a special case of the linear model. ANOVA tables, Fisher-Cochran theorem. Principal component and factor analysis. Estimation and rotation of factors, testing hypotheses for the effective number of factors.
Hypothesis testing and I-divergence (the discrete case). I-projections, maximum likelihood estimate as I-projection in exponential families. The limit distribution of the I-divergence statistic. Analysis of contingency tables by information theoretical methods, loglinear models.
Statistical algorithms based on information geometry: iterative scaling, EM algorithm. Method of maximum entropy.

References:
Bolla, M., Krámli, A.: Theory of statistical inference (in Hungarian), Typotex, Budapest, 2005
Csiszár, I., Shields, P. C.: Information Theory and Statistics. A tutorial. In: Foundations and Trends in Communications and Information Theory, 420-525. Now Publ. Inc., The Netherlands, 2004

(C)
Szakirány tárgyak
Courses of specialization

Jelölés: Az egyes tárgyak leírásában megjelentetett e/g/l/t/k jelölés feloldása
e = előadások heti óraszáma,
g = gyakorlatok heti óraszáma,
l = laboratóriumi foglalkozások heti óraszáma,
t = teljesítés módja = v(izsga) vagy f(élévközi jegy),
k = kreditszám.

Notation: Meaning of notation e/g/l/t/k appearing in the description of each course:
e = lecture hours per week
g = in-class exercise hours per week
l = laboratory work hours per weak
t = type of examination = „v" stands for oral or written exam, „f" stands for final mark given on basis of midterm exams and home works
k = number of credits

Perkolációelmélet

2/0/0/f/3

(KKK szerinti tematikus besorolás: Sztochasztika, Analízis)

Tárgyfelelős: Tóth Bálint
További oktatók: Pete Gábor

A perkoláció jelensége, véletlen gráfok geometriája, fázisátmenet.
Elemi eszközök: Harris egyenlőtlenség és p_c legegyszerübb becslése.
Végtelen klaszterek száma (unicitási tétel), a perkolációs valószínüség regularitása p_c felett.
Van den Berg-Kesten egyenlötlenség, Russo-formula.
Klasztereloszlás exponenciális lecsengése szubkritikus esetben (Aizenman-Barsky és Menshikov tételei).
Kétdimenziós problémák 1. : gráfok dualitása, Sykes-Essam sejtés, Russo-Seymour-Welsh tétel.
Kétdimenziós problémák 2.: Kesten és Russo tételei: p_c+p*_c=1.
Kétdimenziós problémák 3.: kritikus perkoláció konform-invarianciája, Cardy formula, S. Smirnov tétele. Kritikus exponensek számolásának lehetősége kétdimenzióban a

Schramm-Löwner Egyenlet segítségével, magas dimenzióban a Hara-Slade csipke-sorfejtéssel, fákon elemi eszközökkel.
Perkoláció általános tranzitív gráfokon; Benjamini-Schramm sejtések.
A perkoláció fontos általánosítása: Fortuin-Kasteleyn véletlen fürt modell, és kapcsolata az Ising és Potts modellekkel és az Egyenletes Feszítőfával.

Irodalom:

[1] G. Grimmett: Percolation (2nd edition), Springer 1999
[2] G. Grimmett: Probability on graphs, Cambridge University Press 2010
[3] H. Kesten: Percolation Theory for Mathematicians, Birkhauser 1982
[4] G. Pete: Probability and geometry on groups, készülő könyv, http://www.math.bme.hu/~gabor/PGG.pdf
[5] B. Tóth: Perkolációelmélet (jegyzet), http://www.math.bme.hu/~balint/oktatas/perkolacio/
[6] B. Tóth: Introduction to Schramm-Loewner Evolution (jegyzet) http://www.math.bme.hu/~balint/oktatas/perkolacio/

Percolation theory

2/0/0/f/3

(topics classification according to ”KKK”: Stochastics, Analysis)

Course coordinator: Bálint Tóth
Other instructors: Gábor Pete

The phenomenon of percolation, geometry of random graphs, phase transitions.
Elementary tools: Harris’ inequality and the simplest bounds on p_c.
Unicity of the infinite cluster. Regularity of percolation probability above p_c.
Van den Berg-Kesten inequality, Russo’s formula.
The subcritical regime: exponential decay of cluster-size distribution (the theorems of Aizenman-Barsky, respectively, Menshikov).
Two dimensions 1.: topological duality of 2d graphs, Sykes-Essam conjecture, Russo-Seymour-Welsh theorem.
Two dimensions 2.: Kesten’s and Russo’s theorems: p_c+p*_c=1.
Two dimensions 3.: criticality, conformal invariance, Cardy’s formula, Smirnov’s theorem.
Critical exponents can be computed using the Schramm-Löwner Evolution in 2-dim, the Hara-Slade lace expansion in high dim, and elementary methods on trees.
Percolation on general transitive graphs; the Benjamini-Schramm conjectures.

An important generalization of percolation: the Fortuin-Kasteleyn random cluster model and its connection to the Ising and Potts models and the Uniform Spanning Tree.

References:

[1] G. Grimmett: Percolation (2nd edition), Springer 1999
[2] G. Grimmett: Probability on graphs, Cambridge University Press 2010
[3] H. Kesten: Percolation Theory for Mathematicians, Birkhauser 1982
[4] G. Pete: Probability and geometry on groups, book in preparation, http://www.math.bme.hu/~gabor/PGG.pdf
[5] B. Tóth: Percolation theory (lecture notes, in Hungarian) http://www.math.bme.hu/~balint/oktatas/perkolacio/
[6] B. Tóth: Introduction to Schramm-Loewner Evolution (lecture notes) http://www.math.bme.hu/~balint/oktatas/perkolacio/

A klasszikus mechanika matematikai módszerei
2/0/0/f/2

Tárgyfelelős: Kiss Márton
További oktatók: Bálint Péter

A variációszámítás alapfeladata. Euler–Lagrange differenciálegyenletek. Geometriai módszerek a mechanikában. Lagrange- és Hamilton-rendszerek. Legendre transzformáció. Hamilton-egyenletek. Szimmetriák és megmaradási tételek.

Irodalom:

V.I. Arnold: A mechanika matematikai módszerei, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985

Mathematical methods of classical mechanics
2/0/0/f/2

Course coordinator: Márton Kiss
Other instructors: Péter Bálint

The basic problem of the calculus of variations. Euler–Lagrange differential equations. Geometrical methods in mechanics. Lagrange and Hamilton systems. Legendre transformation. Hamilton equations. Symmetries and conservation laws.

References:

V.I. Arnold: Mathematical methods of classical mechanics, Springer, Berlin, 1989

Numerikus módszerek 2: Parciális differenciálegyenletek
2/0/2/v/5

Tárgyfelelős: Horváth Róbert
További oktatók: Gyurkovics Éva, Horváth Miklós

Elliptikus parciális differenciálegyenletek numerikus megoldási módszerei: véges differencia módszer, multigrid módszer, végeselem módszer. Időfüggő parciális differenciálegyenletek numerikus megoldási módszerei: végeselem és véges differencia módszerek parabolikus és hiperbolikus feladatokra, Ritz- és Galjorkin-típusú módszerek. Stabilitás. CFL feltétel, von Neumann analízis. Lax ekvivalencia tétele. Operátorszeletelési eljárások és alkalmazásaik. Parciális differenciálegyenletek és numerikus megoldási módszereinek alkalmazásai: Maxwell-egyenletek és numerikus módszerei, származtatott tőzsdei termékek árazása, szilárdságtani feladatok, hővezetési egyenlet és numerikus megoldásainak kvalitatív vizsgálata, légszennyezés-terjedési modellek.

Irodalom:
Stoyan Gisbert, Takó Galina: Numerikus módszerek III, Typotex 1997
Alfio Quarteroni, Riccardo Sacco, Fausto Saleri: Numerical Analysis, Springer 2000
Stoyan Gisbert: Matlab, Typotex 2005
A.Quarteroni, A.Valli: Numerical Approximation of Partial DifferentialEquations, Springer-Verlag, Heidelberg, 1994, SCM Series n. 23.

Numerical methods 2: Partial differential equations
2/0/2/v/5

Course coordinator: Róbert Horváth
Other instructors: Éva Gyurkovics, Miklós Horváth

Numerical methods of partial differential equations of elliptic type: finite difference method, multigrid method, finite element method. Numerical methods of time-dependent partial differential equations: finite element and finite difference methods for parabolic and hyperbolic problems, Ritz and Galerkin methods. Stability. CFL condition, von Neumann analysis. Lax equivalence theorem. Operator splitting methods with applications. Applications of partial differential equations and their numerical solutions: Maxwell's equations and their numerical solutions, pricing of financial derivatives, problems in solid mechanics, heat conduction equation and the qualitative investigation of the numerical solution, air-pollution transport models.

References:
Stoyan Gisbert, Takó Galina: Numerikus módszerek III, Typotex 1997
Alfio Quarteroni, Riccardo Sacco, Fausto Saleri: Numerical Analysis, Springer 2000
Stoyan Gisbert, Matlab, Typotex 2005
A.Quarteroni, A.Valli: Numerical Approximation of Partial Differential Equations, Springer-Verlag, Heidelberg, 1994, SCM Series n. 23.

Vektorterek a fizikában
2/0/0/f/2

Tárgyfelelős: Andai Attila
További oktatók: Pitrik József

Vektortér duálisa, vektortér beágyazása a biduálisába. Bilineáris leképezések; a szimmetrikus illetve az antiszimmetrikus bilineáris leképezések kanonikus alakja. Multilineáris leképezések főbb tulajdonságai. Vektorterek tenzorszorzatának absztrakt definíciója és tulajdonságai. Lineáris leképezések nyomának származtatása a tenzorszorzatból. Lineáris leképezések tenzorszorzata. Speciális antiszimmetrikus multilineáris leképezések, a formák tere. Mátrixinvariánsok származtatása a formák segítségével, és kapcsolatuk a karakterisztikus egyenlettel. A tenzor algebra és a külső algebra alapvető tulajdonságai. Hodge-operátor a külső algebrán. Differenciálható sokaságok alapjai. Divergencia, gradiens, rotáció és Laplace-operátor sokaságokon. Külső deriválás. A téridőn értelmezett Maxwell-egyenletek koordinátamentes alakja. Maxwell-egyenletek felírása görbült téridőn. Gauss-Osztrogradszkij-Stokes féle integráltétel tetszőleges dimenziójú részsokaságra.

Ajánlott irodalom:
Matolcsi Tamás: Analízis II. (Vektorok), Tankönyvkiadó, Budapest, 1992.
Gabriel Lugo: Differential Geometry in Physics.
http://people.uncw.edu/lugo/courses/diffgeom/dg1.pdf
Sharipov R. A.: Classical Electrodynamics and Theory of Relativity.
http://lanl.arxiv.org/pdf/physics/0311011
Vladimir G. Ivancevic, Tijana T. Ivancevic: Undergraduate Lecture Notes in De Rham-Hodge Theory.
http://lanl.arxiv.org/pdf/0807.4991

Vector Spaces in Physics
2/0/0/f/2

Course coordinator: Attila Andai
Instructor: József Pitrik

Dual of vector spaces, natural embedding of a vector space to its bidual. Bilinear maps; canonical form of symmetric and antisymmetric bilinear maps. Multilinear maps and their main properties. Abstract definition of the tensor product of vector spaces, and the properties of the tensor product. Definition of the trace from tensor product.
Tensor product of linear maps. Special antisymmetric multilinear maps, the space of forms. Deriving matrix invariants from forms, and their connection with the characteristic equation. Tensor algebra and exterior algebra, and its main properties. Hodge operation on the exterior algebra. Basic definitions of differentiable manifolds. Divergence, gradient, rotation and Laplace operator on manifolds. Exterior derivative. Maxwell equations in coordinate free form. Maxwell equations on curved spacetime. Gauss-Ostrogradsky-Stokes integral theorem on arbitrary submanifolds.

References:

Matolcsi Tamás: Analízis II. (Vektorok),
Tankönyvkiadó, Budapest, 1992.
Gabriel Lugo: Differential Geometry in Physics.
http://people.uncw.edu/lugo/courses/diffgeom/dg1.pdf
Sharipov R. A.: Classical Electrodynamics and Theory of Relativity.
http://lanl.arxiv.org/pdf/physics/0311011
Vladimir G. Ivancevic, Tijana T. Ivancevic: Undergraduate Lecture Notes in De Rham-Hodge Theory.
http://lanl.arxiv.org/pdf/0807.4991

Mátrixanalízis

2/0/0/v/3

Tárgyfelelős: Petz Dénes
További oktatók: Réffy Júlia

Lineáris terek, lineárisan független vektorok, bázis, lineáris leképezések és mátrixuk. Belső szorzat, Hilbert-tér, ortonormált bázis. Normák a mátrixtereken. Önadjungált és unitér mátrixok. Mátrixok sajátvektorai, sajátértékek és szinguláris értékek, valamint a lokalizációjuk. Pozitív definit mátrixok és tulajdonságaik. Mátrixok tenzorszorzata és Hadamard-szorzata, Schur-lemma, ezeknek a szorzatoknak az alkalmazásai. Mátrixok függvényei, a rezolvens és az exponenciális függvény tulajdonságai, Lie-Trotter formula. Mátrixfüggvények differenciálása. Egyenlőtlenségek: Mátrixmonoton és mátrixkonvex függvények, exponenciális, logaritmus- és hatványfüggvények. Blokkmátrixok tulajdonságai és használata. Mátrixok számtani és mértani közepe. Mátrixok alkalmazása lineáris differenciálegyenletek megoldására. Pozitív elemű mátrixok.

Irodalom:
Rajendra Bhatia: Matrix Analysis, Springer, 1997
Kérchy László: Bevezetés a véges dimenziós vektorterek elméletébe, Polygon, 1997
Petz Dénes: Lineáris analízis, Akadémiai Kiadó, 2002
Rózsa Pál: Lineáris algebra és alkalmazásai, Műszaki Könyvkiadó, 1976

Matrix analysis

2/0/0/v/3

Course coordinator: Dénes Petz
Other instructors: Júlia Réffy

Vector spaces and linear operators, Hilbert spaces, orthonormal basis, the matrix of a linear operator, matrix norms, self-adjoint and unitary matrices, localization of eigenvalues and singular values, pozitiv definite matrices, tensor product and Hadamard product, Schur theorem and applications, functional calculus, derivation, the exponential function, Lie-Trotter formula, matrix monotone functions, means of positive matrices, block-matrices, applications to differential equations, matrices with positive entries.

References:
Rajendra Bhatia: Matrix Analysis, Springer, 1997
Kérchy László: Bevezetés a véges dimenziós vektorterek elméletébe, Polygon, 1997
Petz Dénes: Lineáris analízis, Akadémiai Kiadó, 2002
Rózsa Pál: Lineáris algebra és alkalmazásai, Műszaki Könyvkiadó, 1976

Matematikai kémia

2/0/2/v/5

Tárgyfelelős: Horváth Miklós
További oktatók: Tóth János, Csikja Rudolf

Az alkalmazott matematikus néhány fontos eszköze
Speciális függvények, Laplace-transzformáció, kvalitatív vizsgálatok, nemlineáris rendszerek, túl az elemi statisztikán, matematikai programcsomagok. Optimumszámítási modellek, differenciálegyenletek paramétereinek becslése.
Modellekről: statikus és dinamikus, diszkrét és folytonos, sztochasztikus és determinisztikus, lineáris és nemlineáris modellek.
A fizikai kémia problémái. A homogén reakciókinetika modelljei és problémái. Sztöchiometria: lineáris algebrai és számelméleti módszerek. Tömeghatás típusú kinetika: gráfokon értelmezett differenciálegyenletek. Egyensúly, oszcilláció, káosz. Érzékenységvizsgálat. Modellredukció. Sztochasztikus reakciókinetika: ugró Markov-folyamatok. Biokémiai alkalmazások, enzimkinetika, farmakokinetika, gyógyszeradagolás, gyógyszertervezés. Kvantitatív összefüggések molekulák szerkezete és hatása között. Kvantumkémiai alkalmazásokról. Neurobiológia. Reakció-diffúzió-modellek. Mintázatképződés kémiai, biológiai és közgazdasági modellekben.

Irodalom:
Bazsa Gy. (szerk.): *Nemlineáris dinamika és egzotikus kinetikai jelenségek kémiai rendszerekben*, Egyetemi jegyzet (Kézirat), Debrecen, Budapest, Gödöllő, 1992
Érdi, P., Tóth, J.: *Mathematical Models of Chemical Reactions. Theory and Applications of Deterministic and Stochastic Models*, Princeton University Press, Princeton, 1989
Feinberg, M.: Lectures On Chemical Reaction Networks (Lecture notes)
http://www.che.eng.ohio-state.edu/~FEINBERG/LecturesOnReactionNetworks/
Farkas Miklós*: Dynamical Models in Biology*, Academic Press, New York, 2001
Murray, J. D.: *Mathematical biology*, Springer, 2004

Mathematical chemistry

2/0/2/v/5

Course coordinator: Miklós Horváth
Other instructors: János Tóth, Rudolf Csikja

A few tools of the applied matheamatician
Special functions, Laplace transform, qualitative investigations, nonlinear systems, mathematical program packages, looking for the optimum, beyond elementary statistics, estimating the parameters of differential equations.

Model types: static and dynamic, discrete and continuous, stochastic and deterministic, linear and nonlinear models.
Problems of physical chemistry. Models and problems of homogeneous reaction kinetics. Stoichiometry: applied linear algebra and number theory. Mass action type kinetics: differential equations on graphs. Stationary points, oscillation, chaos. Sensitivity analysis. Reduction of models, lumping. Stochastic models of chemical reactions: Markovian pure jump processes. Applications in biochemistry, enzyme kinetics, pharmacokinetics, drug dosage and drug design. Quantitative structure activity relationships. Applying quantum chemistry. Neurobiological models. Reaction diffusion models. Pattern formation in chemical, biological and economic models.

References:
Érdi, P., Tóth, J.: *Mathematical Models of Chemical Reactions. Theory and Applications of Deterministic and Stochastic Models*, Princeton University Press, Princeton, 1989
Feinberg, M.: Lectures On Chemical Reaction Networks (Lecture notes)
http://www.che.eng.ohio-state.edu/~FEINBERG/LecturesOnReactionNetworks/
Farkas Miklós*: Dynamical Models in Biology*, Academic Press, New York, 2001
Murray, J. D.: *Mathematical Biology*, Springer, 2004
Póta, Gy.: *Mathematical Problems for Chemistry Students*, Elsevier, 2006
Papers in the *Journal of Mathematical Chemistry*

Operátorelmélet
3/1/0/v/5

Tárgyfelelős: Pitrik József
További oktatók: Nagy Béla

Hilbert terek alapfogalmait ismertnek feltételezzük. Zárt és lezárható operátorok, a zárt gráf tétel. A spektrálelmélet alapjai zárt operátorokra. Zárt szimmetrikus és önadjungált operátorok. Szimmetrikus operátor és önadjungált kiterjesztése. Hermitikus forma által definiált operátorok. Zárt normális operátorok.
Véges rangú és kompakt operátorok. Hilbert–Schmidt operátorok. Mátrix operátorok.
Integrálás spektrál mértékre vonatkozóan. Zárt önadjungált operátorok spektrálfelbontása és spektrumának tulajdonságai. Normális operátorok spektrálfelbontása.
Szimmetrikus operátorok kiterjesztései: defekt indexek és Cayley transzformáltak. Kiterjesztés a Hilbert tér bővítésével: Najmark tétele. Önadjungált kiterjesztések és spektrumaik. Analitikus vektorok. Önadjungált operátorok perturbációja. Scattering.
Egyoldali eltolás operátora, Wold–Neumann felbontás. Kétoldali eltolás. Kontrakciók. Invariáns vektorok, kanonikus felbontás. Kontrakció izometrikus és unitér dilatációja.
Operátorok Banach terekben. Holomorf függvények és kontúrintegrálok. Holomorf függvénykalkulus korlátos, ill. zárt operátorokra. Kompakt operátorok. A Riesz–Schauder elmélet. Nöther és Fredholm operátorok. Operátor félcsoportok Banach terekben. Lineáris rendszerek operátorelméleti alapjai.
Banach algebrák. Spektrum. Holomorf függvénykalkulus. Ideálok. A Gelfand transzformáció. C*-algebra elemének spektruma. A Gelfand–Najmark kommutatív tétel. C*-algebrák reprezentációja.

Irodalom:
I. Gohberg, S. Goldberg and M.A. Kaashoek: Basic classes of linear operators. Birkhauser, Basel, 2003
J. Weidmann: Linear operators in Hilbert space. Springer, Berlin, 1980
M. Birman and M. Solomyak: Spectral theory of self-adjoint operators in Hilbert space. Leningrad, 1980 (in Russian. There is also an English translation of the book).

Theory of operators

3/1/0/v/5

Course coordinator: József Pitrik
Other instructors: Béla Nagy

The basic concepts of Hilbert spaces will be assumed to be known. Further: Closed and closable linear operators, closed graph theorem. The basics of the spectral theory for closed operators. Closed symmetric and self-adjoint operators. Symmetric operator and its self-adjoint extension. Operators defined by a Hermitian (sesquilinear) form. Closed normal operators.
Finite rank and compact operators. Hilbert–Schmidt operators. Matrix operators. Integration with respect to a spectral measure. The spectral decomposition for closed self-adjoint operators and the properties of their spectra. The spectral decomposition of closed normal operators.
The extensions of closed symmetric operators: deficiency indices and Cayley transforms. Extensions into a larger Hilbert space: theorem of M. Naimark. Self-adjoint extensions extensions and their spectra. Analytic vectors. Perturbation of self-adjoint operators. Scattering.
The unilateral shift operator, Wold–Neumann decomposition. The bilateral shift. Contractions. Invariant vectors, canonical decomposition. Isometric and unitary dilation of a contraction.
Operators in Banach spaces. Holomorphic functions and contour integrals. Holomorphic funtional calculus for bounded and for closed operators. Compact operators. The Riesz–Schauder theory. Noether and Fredholm operators. Semi-groups of operators in Banach spaces. The operator theoretic foundations of linear systems.
Banach algebras. Spectrum. Holomorphic functional calculus. Ideals. The Gelfand transform. The spectrum of an element in a C*-algebra. The commutative Gelfand–Naimark theorem. Representation of C*-algebras.

References:
I. Gohberg, S. Goldberg and M.A. Kaashoek: Basic classes of linear operators. Birkhauser, Basel, 2003
J. Weidmann: Linear operators in Hilbert space. Springer, Berlin, 1980
M. Birman and M. Solomyak: Spectral theory of self-adjoint operators in Hilbert space. Leningrad, 1980 (In Russian. There is also an English translation of the book.)

Potenciálelmélet

2/0/0/f/3

Tárgyfelelős: G. Horváth Ágota

További oktatók:

Motiváció: elektrosztatika. Dirichlet probléma, Brown mozgás. Logaritmikus potenciál: minimumelv, extremális mérték, egyensúlyi potenciál, mérték és potenciál kapcsolata. Súlyozott polinomok: súlyozott Fekete-pontok, transzfinit átmérő, Csebisev-polinom. Dirichlet probléma nem folytonos, ill. nem korlátos peremfeltétellel. (Perron–Wiener–Brelot megoldás, súlyozott terek, harmonikus mérték.) Regularitási problémák, kisöprési mérték, Brown-mozgás és harmonikus mérték kapcsolata.

Irodalom:
D. R. Adams and L. I. Hedberg: Function Spaces and Potential Theory, Springer, 1996
V. I. Fabrikant: Mixed Boundary Value Problems of Potential Theory and their Aplications in Engineering, Kluwer Acad. Publ. Group, Netherlands, 1991
J. L. Dob: Classical Potential Theory and Its Probabilistic Counterpart, Springer, 1984
O. D. Kellogg: Foundations of Potential Theory, Springer, 1929
H. N. Mhaskar: Introduction to the Theory of Weighted Polynomial Approximation, World
Scientific, 1996
(Szerk.) K. Nagy: Elméleti fizikai példatár, Tankönyvkiadó, 1981
T. Ransford: Potential Theory in the Complex Plane, Camridge Univ. Press, 1994
E. B. Saff and V. Totik: Logarithmic Potentials with External Fields, Springer, 1997

Potential theory

2/0/0/f/3

Course coordinator: Ágota G. Horváth
Other instructors:

Motivation: a little electrostatics, Dirichlet problem and Brownian motion.
An extremal problem: logarithmic potential, Chebyshev constant and transfinite diameter. Electrostatics with external fields, weighted energy integral and potential. Equilibrium measure and the modified Robin constant.
How to solve the Dirichlet problem, when the boundary conditions are not “nice”? Modified Poisson kernel with respect to singularities, lower semicontinuity, Perron-Wiener-Brelot solution, harmonic measure.
Regularity, balayage, generalized Poisson integral. Brownian motion and harmonic measures.

References:
D. R. Adams and L. I. Hedberg: Function Spaces and Potential Theory, Springer, 1996
V. I. Fabrikant: Mixed Boundary Value Problems of Potential Theory and their Aplications in Engineering, Kluwer Acad. Publ. Group, Netherlands, 1991
J. L. Dob: Classical Potential Theory and Its Probabilistic Counterpart, Springer, 1984
O. D. Kellogg: Foundations of Potential Theory, Springer, 1929
H. N. Mhaskar: Introduction to the Theory of Weighted Polynomial Approximation, World
Scientific, 1996
(Szerk.) K. Nagy: Elméleti fizikai példatár, Tankönyvkiadó, 1981
T. Ransford: Potential Theory in the Complex Plane, Camridge Univ. Press, 1994

E. B. Saff and V. Totik: Logarithmic Potentials with External Fields, Springer, 1997

Inverz szórási feladatok
2/0/0/v/3

Tárgyfelelős: Horváth Miklós
További oktatók:

A látás, a radar, az ultrahangos orvosi vizsgálat, a földkéreg szerkezetének kutatása, az elemi részecskék közti kölcsönhatások vizsgálata csak néhány példa inverz szórási feladatokra. A kurzus célja ezen problémák matematikai apparátusának bemutatása, bevezető jelleggel. A főbb témakörök:
Időfüggő felépítés: hullámoperátor, szórási operátor, szórásmátrix. Időfüggetlen felépítés: szórásamplitúdó, Lippmann–Schwinger egyenlet. Dirichlet-to-Neumann operátor, Sylvester–Uhlmann alaptétel. Akusztikus szórás, elektromágneses szórás. Egy- és háromdimenziós kvantum szórási feladatok. A kvantummechanikai soktest-probléma.

Irodalom:
V. Isakov: Inverse Problems for Partial Differential Equations, Springer, New York 1998
D. Yafaev: Scattering Theory: Some Old and New Problems, Springer, Berlin, 2000
D. Colton and R. Kress: Inverse Acoustic and Electromagnetic Scattering Theory, Springer, Berlin 1998
M. Reed and B. Simon: Methods of Modern Mathematical Physics III: Scattering Theory, Academic Press 1979
K. Chadan and P. Sabatier: Inverse Problems in Quantum Scattering Theory, Springer 1989

Inverse scattering problems 2/0/0/v/3

Course coordinator: Miklós Horváth
Other instructors:

The seeing process, radar, ultrasound-based medical investigations, geological prospecting of the Earth, investigation of interactions between elementary particles are just a few examples of inverse scattering problems. The course aims to present the mathematical background of such problems, on an introductory level. The main topics include:
Time dependent description: wave operator, scattering operator, scattering matrix. Time independent description: scattering amplitude, Lippmann-Schwinger equation, Dirichlet-to-Neumann map, Sylvester-Uhlmann theorem. Acoustic and electromagnetic scattering. One- and three-dimensional quantum scattering problems. The many-body problem.

References:
V. Isakov: Inverse Problems for Partial Differential Equations, Springer, New York 1998

D. Yafaev: Scattering Theory: Some Old and New Problems, Springer, Berlin, 2000
D. Colton and R. Kress: Inverse Acoustic and Electromagnetic Scattering Theory, Springer Berlin 1998
M. Reed and B. Simon: Methods of Modern Mathematical Physics III: Scattering Theory, Academic Press 1979
K. Chadan and P. Sabatier: Inverse Problems in Quantum Scattering Theory, Springer 1989

A klasszikus mezőelméletek geometriája
2/0/0/f/2

Tárgyfelelős: Etesi Gábor
További oktatók: Szabó Szilárd

(i) Klasszikus elektrodinamika: a Maxwell-egyenletek formás alakja; a vektorpotenciál bevezethetősége kohomologikus szempontból; a mérce-transzformáció; a Maxwell-elmélet geometriai interpretációja: a komplex vonal-nyalábok Chern--Weil-elmélete; mágneses monopólusok az elektrodinamikában; a Dirac-féle töltés-kvantálás.
(ii) A Riemann-geometria elemei: differenciálható sokaságok feletti vektornyalábok definíciója, példák; kovariáns deriválás (konnexió, párhuzamos eltolás) vektornyalábokon; a görbületi tenzor előállítása a párhuzamos eltolás sorfejtésével; a Riemann görbületi tenzor és annak szimmetriái.
(iii) Az általános relativitás-elmélet elemei: az SO(4) csoport véges dimenziós komplex reprezentációinak osztályozása; a Riemann görbületi tenzor invariáns dekompozíciója: a skalárgörbület, a nyomtalan Ricci-tenzor és a Weyl-tenzorok bevezetése; a vákuum Einstein-egyenlet (e fogalmak áttekintése Lorentz-esetben is);
(iv) A Yang--Mills-elmélet elemei: A Yang--Mills funkcionál és a Yang--Mills-egyenletek; (anti)önduális konnexiók (insztantonok) fogalma, Atiyah, Hitchin, Singer tételei. Az (anti)önduális konnexiók modulus-tere.

Irodalom:

1. Fizika és geometria (Fizikus-matematikus nyári iskola, Óbánya, 1997) Szerk.: Barnaföldi G., Rimányi R., Matolcsi, T., MAFIHE, Budapest (1999);
2. R.S. Ward, R.O. Wells: Twistor geometry and field theory, Cambridge Univ. Press, Cambridge (1991);
3. R.M. Wald: General relativity, University of Chicago Press, Chicago (1984)

Geometry of Classical Field Theories
2/0/0/f/2

(topical classification according to KKK: not specified)
Course coordinator: Gabor Etesi
Other instructors: Szilard Szabo

(i) Classical electrodynamics: the Maxwell equations in terms of differential forms; introducibility of the electromagnetic vector potential from a cohomological viewpoint; the concept of a gauge transformation; geometric interpretation of Maxwell theory: the Chern--Weil theory of complex line bundles; magnetic monopoles in electrodynamics; the Dirac quantization of the electric charge.
(ii) Elements of Riemannian geometry: vector bundles over smooth manifolds, examples; covariant differentiation (connection, parallel transport) on vector bundles; construction of the curvature tensor by the expansion of the parallel transport; the Riemannian curvature and its symmetries.
(iii) Elements of general relativity theory: classification of the finite dimensional complex irreducible representations of the group SO(4); invariant decomposition of the Riemannian curvature tensor:
the scalar curvature, the traceless Ricci tensor and the two Weyl tensors; the vacuum Einstein equation (a review of these notions in the Lorentzian case as well);
(iv) Elements of Yang--Mills theory: the Yang--Mills functional and the Yang--Mills equations; the concept of an (anti)self-dual connection (instanton); theorems of Atiyah, Hitchin, Singer; the moduli space of (anti)self-dual connections.

Bibliography:

1. Fizika és geometria (Fizikus-matematikus nyári iskola, Óbánya, 1997) Szerk.: Barnaföldi G., Rimányi R., Matolcsi, T., MAFIHE, Budapest (1999);
2. R.S. Ward, R.O. Wells: Twistor geometry and field theory, Cambridge Univ. Press, Cambridge (1991);
3. R.M. Wald: General relativity, University of Chicago Press, Chicago (1984)

A statisztikus fizika matematikai módszerei

2/0/0/v/3

(KKK szerinti tematikus besorolás: Sztochasztika, Analízis)

Tárgyfelelős: Tóth Bálint
További oktatók: Tóth Imre Péter

Valószínűségszámítási bemelegítés: határeloszlás- és nagy eltérés tételek.
A statisztikus fizika tárgya: általános áttekintés, fázisátmenet fogalma, a matematikai probléma.
Átlagmező (mean field) elmélet: Curie-Weiss modell, Ising modell bináris fán.
Ising modell Z^d-n, termodinamikai limesz, termodinamikai függvények.
Analitikusság: Kirkwood-Salsburg egyenletek, sorfejtés konvergenciája magas hőmérsékleten, Lee-Yang elmélet.
Fázisátmenet az Ising modellben $d\geq 2$ -ben: Peierls-féle kontúr módszer, korrelációs egyenlőtlenségek.
Folytonos belső szimmetriájú modellek: a klasszikus Heisenberg modell, Fröhlich-Simon-Spencer tétel (fázisátmenet d≥3-ban).

Kvantum spin modellek: a kvantum Heisenberg modell, kvantum korrelációs egyenlőtlenségek, Mermin-Wagner tétel (d≤2-ben nincs hosszútávú rend), Dyson-Lieb-Simon tétel (fázisátmenet d≥3-ban).

Irodalom:

[1] Tóth Bálint: A statisztikus fizika matematikai módszerei. (jegyzet) http://www.math.bme.hu/~balint/oktatas/statisztikus_fizika/
[2] Baxter, R.: Exactly Solved Models in Statistical Mechanics. Academic Press (1982)
[3] Ruelle, D.: Statistical Mechanics: Rigorous Results. W.A. Benjamin, N.Y (1969)
[4] Griffiths, R.: Rigorous results and theorems. In: Phase Transitions and Critical Phenomena. eds.: C. Domb and M.S. Green, Academic Press (1972)
[5] Fröhlich, J., Simon, B. and Spencer, T.: Infrared bounds, phase transitions and continuous symmetry breaking. Commun. Math. Phys. 50: 79-85 (1976)
[6] Mermin, N.D. and Wagner, H.: Absence of ferromagnetism or antiferromagnetism in one- or two-dimensional Heisenberg models. Phys. Rev. Letters 17: 1133-1136 (1966)

Mathematical methods of statistical physics
2/0/0/v/3

(topical classification according to ”KKK”: Stochastics, Analysis)

Course coordinator: Bálint Tóth
Other instructors: Imre Péter Tóth

Probabilistic warm-up: limit theorems and large deviations.
The subject of statistical physics: general survey, the notion of phase transition, mathematical formulation of the problem.
Mean field theories: the Curie-Weiss model, Ising-model on the binary tree.
Ising-model on Z^d, thermodynamic limit, thermodynamic functions.
Analyticity: Kirkwood-Salsburg equations, convergence of series expansions at high temperature. Lee-Yang theory.
Phase transition in the Ising model in d≥2: Peierls' contour method, correlation inequalities and their use.
Models with continuous symmetries: the classical Heisenberg model, the therem of Fröhlich, Simon and Spencer (phase transition in d≥3).
Quantum spin models: the quantum Heisenberg model, quantum correllation inequalities, the theorem of Mermin and Wagner (no long range order in d≤2), the theorem of Dyson, Lieb and Simon (phase transition in d≥3).

References:

[1] Tóth, Bálint: Mathematical methods of statistical physics. (lecture notes, partially in Hungarian) http://www.math.bme.hu/~balint/oktatas/statisztikus_fizika/

[2] Baxter, R.: Exactly Solved Models in Statistical Mechanics. Academic Press (1982)
[3] Ruelle, D.: Statistical Mechanics: Rigorous Results. W.A. Benjamin, N.Y (1969)
[4] Griffiths, R.: Rigorous results and theorems. In: Phase Transitions and Critical Phenomena. eds.: C. Domb and M.S. Green, Academic Press (1972)
[5] Fröhlich, J., Simon, B. and Spencer, T.: Infrared bounds, phase transitions and continuous symmetry breaking. Commun. Math. Phys. 50: 79-85 (1976)
[6] Mermin, N.D. and Wagner, H.: Absence of ferromagnetism or antiferromagnetism in one- or two-dimensional Heisenberg models. Phys. Rev. Letters 17: 1133-1136 (1966)

Disztribúcióelmélet és Green-függvények
2/0/0/v/2

Tárgyfelelős: Kiss Márton
További oktatók: Horváth Miklós

1. Általánosított függvény (disztribúció), reguláris disztribúció, disztribúció tartója, szorzása függvénnyel. Disztribúciók konvergenciája, simítás konvolúcióval. Temperált disztribúció.
2. Függvény nyoma egy tartomány határán. Függvényterek, beágyazási tételek.
3. Fourier transzformáció: azonosságok, hatása L^2-n, az alapfüggvények terén, disztribúciókon és temperált disztribúciókon.
4. Alapmegoldás másodrendű elliptikus egyenletre.
5. Green operátor (rezolvens operátor) tulajdonságai Dirichlet, Neumann és Robin peremfeltételek esetén. Önadjungáltság, kompaktság.
6. Kato-Rellich tétel önadjungált operátor perturbációjáról. Lényegében önadjungált operátorok. Alkalmazás Schrödinger operátorokra.
7. Green-függvény: a rezolvens operátor magfüggvénye. Példák: egyváltozós Schrödinger operátor, többváltozós Laplace operátor. Kapcsolata az alapmegoldással. Szingularitás a főátló közelében.
8. A spektrum részei. Spektrálsorfejtés sajátfüggvényekkel és általánosított sajátfüggvényekkel. Általánosított Fourier transzformált. A Schrödinger operátor diagonalizálása. Green-függvény felírása általánosított sajátfüggvényekkel.

Irodalom:
Gnädig Péter: Bevezetés a disztribúcióelméletbe és fizikai alkalmazásaiba, Tankönyvkiadó, 1981.
S. Mizohata: The Theory of Partial Differential Equations, Cambridge Univ. Press 1973.
V. Sz. Vlagyimirov: Bevezetés a parciális differenciálegyenletek elméletébe, Műszaki Könyvkiadó 1979.
Haim Brezis, Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differential Equations, Springer, 2010.

Dorothee D. Haroske, Hans Triebel, Distributions, Sobolev Spaces, Elliptic Equations, EMS, 2008.
M. Renardy, R.C. Rogers, An Introduction to Partial Differential Equations (Texts in Applied Mathematics), Springer, 2004

Distribution theory and Green functions

2/0/0/v/2

Course coordinator: Miklós Horváth
Other instructor: Márton Kiss

1. Generalized function (distribution). Regular distribution, support of a distribution, multiplication by a function. Convergence of distributions, smoothing by convolution. Tempered distributions.
2. The trace of a function on the boundary of a domain. Function spaces, imbedding theorems.
3. Fourier transform: identities, its action on L^2, on the space of fundamental functions, on distributions and on tempered distributions.
4. Fundamental solution for second-order elliptic equations.
5. Green operator (resolvent operator), properties for Dirichlet, Neumann and Robin boundary conditions. Selfadjointness, compactness.
6. Kato-Rellich theorem on the perturbations of selfadjoint operators. Essentially selfadjoint operators. Application for Schrödinger operators.
7. Green function: kernel of the resolvent operator. Examples: one-dimensional Schrödinger operator, multidimensional Laplace operator. Connection to the fundamental solution. Singularity near the main diagonal.
8. Parts of the spectrum. Spectral expansion by eigenfunctions and generalized eigenfunctions. Generalized Fourier transform. Diagonalization of Schrödinger operators. Expressing Green functions by generalized eigenfunctions.

References:
Gnädig Péter: Bevezetés a disztribúcióelméletbe és fizikai alkalmazásaiba, Tankönyvkiadó, 1981.
S. Mizohata: The Theory of Partial Differential Equations, Cambridge Univ. Press 1973.
V. Sz. Vlagyimirov: Bevezetés a parciális differenciálegyenletek elméletébe, Műszaki Könyvkiadó 1979.
Haim Brezis, Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differential Equations, Springer, 2010.
Dorothee D. Haroske, Hans Triebel, Distributions, Sobolev Spaces, Elliptic Equations, EMS, 2008.
M. Renardy, R.C. Rogers, An Introduction to Partial Differential Equations (Texts in Applied Mathematics), Springer, 2004

Témalabor 1,2

0/0/4/f/4 + 0/0/4/f/4

Tárgyfelelős: Lángné Lázi Márta

A tárgy keretében a hallgató külső témavezető által meghirdetett, alkalmazás orientált sztochasztikus matematikát alkalmazó témán dolgozik, a témavezető irányításával. Minden félév végén beszámolót készít a hallgató az eredményeiről, melyet előadás formájában a társainak bemutat. A tárgy során begyakorolandó tevékenységek: irodalmazás, modellezés, számítógéppel segített feladatmegoldás, matematikai problémamegoldás.

Individual projects 1,2 0/0/4/f/4 + 0/0/4/f/4

Course coordinator: Márta Lángné Lázi

Within the framework of the subject the student is working on an application oriented research subject based on stochastic mathematics lead by an external supervisor. At the end of each semester the student writes a report about his results which will be also presented by him to the other students in a lecture. The activities to be exercised: literature research, modelling, computer aided problem solving, mathematical problem solving.

Matematikai modellalkotás szeminárium 1,2 2/0/0/f/1 + 2/0/0/f/1

Tárgyfelelős: Bolla Marianna

A szeminárium célja rendszeres fórumot biztosítani alkalmazott matematikai eredmények, modellek és problémák bemutatására, és ezzel elősegíteni
(i) a Matematika Intézeten belül és szélesebb körben is, az alkalmazott matematikai ismeretek és kultúra elterjesztését;
(ii) fejleszteni egyfelől a Matematika Intézet oktatói és diákjai, másfelől más intézmények, intézetek (a BME több tanszékét, intézetét is ideértve), cégek, vállalatok matematika iránt fogékony munkatársaival való kapcsolattartást, együttműködést.
A szemináriumra hétről hétre meghívunk egy-egy előadót, aki a munkája során felmerülő matematikai problémáról beszél. Általában két típusú előadó van: matematikus, aki alkalmazott matematikusként dolgozik, illetve nem matematikus, de munkája során matematikai problémák merülnek fel. A korábbi évek gyakorlatához hasonlóan széles palettát kívánunk nyújtani a témákat illetően; előadókat hívunk meg a BME különböző tanszékeiről, a SZTAKI-ból, bankokból, a távközlés területéről, és egyéb piaci cégtől (bővebben lásd a szeminárium honlapján: www.math.bme.hu/~molnar/amsz).
A II-III. éves hallgatóinknak előírjuk a matematikai modellalkotás szeminárium látogatását, hogy ezzel is plasztikus képet nyerjenek szakmájuk lehetséges alkalmazásairól. A szeminárium előadásai általában érthetőek lesznek ezen hallgatóink számára, akik ekkor már túl vannak az igen sokoldalú alapképzésen. Alkalmazott

matematikai témáknál természetesen különösen fontos a problémafelvetés motivációja, a modellalkotás bemutatása és annak illusztrálása, a javasolt megoldás mennyire segít a felmerült problémában. Az előadások után a hallagtóknak lehetőségük van kérdéseikkel további ismereteket szerezni a bemutatott témáról, illetve az előadó munkásságáról.
Az előadások egy másik célja, hogy az érdeklődő hallgatók esetleg valamilyen formában bekapcsolódhatnának a munkába, ezzel is elősegítve a hosszabbtávú érvényesülésüket, hogy az egyetem elvégzése után könnyebben jussanak álláslehetőséghez.

Mathematical modelling seminar 1,2 2/0/0/f/1 + 2/0/0/f/1

Course coordinator: Marianna Bolla

The aim of the seminar to present case studies on results, methods and problems from applied mathematics for promoting
(i) the spreading of knowledge and culture of applied mathematics;
(ii) the development of the connections and cooperation of students and professors of the Mathematical Institute, on the one hand, and of personal, researchers of other departments of the university or of other firms, interested in the applications of mathematics.
The speakers talk about problems arising in their work. They are either applied mathematicians or non-mathematicians, during whose work the mathematical problems arise.
An additional aim of this course to make it possible for interested students to get involved in the works presented for also promoting their long-range carrier by building contacts that can lead for finding appropriate jobs after finishing the university.

(D)
Választható tárgyak
Optional courses

Jelölés: Az egyes tárgyak leírásában megjelentetett e/g/l/t/k jelölés feloldása
e = előadások heti óraszáma,
g = gyakorlatok heti óraszáma,
l = laboratóriumi foglalkozások heti óraszáma,
t = teljesítés módja = v(izsga) vagy f(élévközi jegy),
k = kreditszám.

Notation: Meaning of notation e/g/l/t/k appearing in the description of each course:
e = lecture hours per week
g = in-class exercise hours per week
l = laboratory work hours per weak
t = type of examination = „v” stands for oral or written exam, „f” stands for final mark given on basis of midterm exams and home works
k = number of credits

Szabadon választható szakmai tárgyak összesen: 8/0/0/8

Nincs előre rögzítve.

Optional professional courses total: 8/0/0/8

Not specified in advance.

Szabadon választható gazd./társ. tudományi tárgy 2/0/0/2

Nincs előre rögzítve.

Optional course of social or economic science 2/0/0/2

Not specified in advance.

(E)
Diplomamunka
Diploma thesis

Jelölés: E tárgy leírásában megjelentetett e/g/l/k jelölés feloldása
e = előadások heti óraszáma
g = gyakorlatok heti óraszáma
l = laboratóriumi foglalkozások heti óraszáma
k = kreditszám

Notation: Meaning of notation e/g/l/k appearing in the description of this course:
e = lecture hours per week
g = in-class exercise hours per week
l = laboratory work hours per weak
k = number of credits

Diplomamunka
0/10/0/20

Tárgyfelelős: Andai Attila

A diplomamunka a matematikushallgatóknak a témavezető irányításával elért önálló kutatási, kutatás-fejlesztési eredményeit tartalmazó írásbeli beszámoló (dolgozat). A hallgató a dolgozatban mutassa be a vizsgált témát, fejtse ki a problémákat, és részletesen ismertesse eredményeit. A munkának a matematikus tanulmányok ismeretanyagára kell épülnie és a szerző önálló, saját munkája legyen.
A diplomamunkának arról kell tanúskodnia, hogy a hallgató az egyetemi tanulmányai során szerzett matematikai ismereteit, képességeit a gyakorlati életben vagy az elméleti kutatásokban egy több hónapra kiterjedő munka folyamán önállóan tudja alkalmazni oly módon, hogy a megoldandó problémát felismeri, a megoldáshoz vezető út nehézségeivel megbirkózik, a megfelelő színvonalú megoldást megtalálja, és azt mások számára érthetően leírja. A dolgozat legyen tömör, de a témában nem járatos matematikus olvasó számára is érthető.

Master's thesis
0/10/0/20

Course coordinator: Attila Andai

A master's thesis should reveal the candidate is able to work, leading by the student’s supervisor, in a scholarly manner and is acquainted with the principal works published on the subject of the thesis. As far as possible it should be an original contribution based on the subjects of master courses. The primary goal of the thesis is to prove that the candidate can aggregate many details and data and related work, abstract and conceptualize the content, and then present concise concepts to the reader. The thesis at the end must be easy to read, and accurately present the relevant information.
