

Corsi	Corsi(inglese)	settore	C F U	Sottotitolo	Sottotitoli inglese
Supplementi di fisica	Supplements of physics	FIS/02	3	Argomenti integrativi di fisica.	Subsidiary topics of physics.
Supplementi di informatica	Supplements of computer science	INF/01	3	Argomenti integrativi di informatica.	Subsidiary topics of computer science
Supplementi di algebra	<i>Supplements of algebra</i>	MAT/02	3	Argomenti integrativi di aritmetica e algebra.	Subsidiary topics of arithmetics and algebra.
Supplementi di geometria	Supplements of geometry	MAT/03	3	Argomenti integrativi di geometria e topologia.	Subsidiary topics of geometry and topology.
Supplementi di analisi matematica	Supplements of real analysis	MAT/05	3	Argomenti integrativi di analisi matematica.	Subsidiary topics of real analysis.
Supplementi di fisica matematica	Supplements of mathematical physics	MAT/07	3	Argomenti integrativi di fisica matematica.	Subsidiary topics of mathematical physics
Supplementi di analisi numerica	Supplements of numerical analysis	MAT/08	3	Argomenti integrativi di analisi numerica.	Subsidiary topics of numerical analysis.
Introduzione alla meccanica quantistica	<i>Introduction to quantum mechanics</i>	FIS/02	6	Meccanica quantistica delle particelle: dualità onda/particella, principio di sovrapposizione, principio di indeterminazione, equazione di Schroedinger.	Quantum mechanics of particles: wave/particle duality, superposition principle, indetermination principle, Schroedinger equation.
Relativita' generale B	General relativity B	FIS/02	6	Relatività ristretta e Principio di Equivalenza di Einstein. Spazio-tempo come varietà. Moto lungo una geodetica. Equazioni di Einstein per la curvatura dello spazio-tempo. Metrica di Schwarzschild e di Kerr. Buchi neri. Onde gravitazionali. Il modello cosmologico.	Special Relativity and Einstein's Equivalence Principle. Spacetime as a manifold. Einstein's equations for spacetime curvature. Schwarzschild and Kerr metrics. Black holes. Gravitational Waves. The cosmological model.
Fondamenti della matematica	Foundations of mathematics	MAT/01	6	Sistemi formali e teorie fondazionali.	Formal systems and foundational theories.

Teoria degli insiemi	Set Theory.	MAT/01	6	Modelli della teoria degli insiemi.	Models of set theory.
Teoria dei modelli	Model Theory.	MAT/01	6	Modelli di teorie del primo ordine. Compattezza. Equivalenza elementare. Applicazioni all'aritmetica, ai campi, e ad altre strutture algebrico-relazionali.	Models of first order theories. Compactness. Elementary equivalence. Applications to arithmetic, fields, and other algebraic structures.
Teoria della calcolabilità	Computability Theory	MAT/01	6	Modelli di calcolo e funzioni calcolabili.	Models of computation and recursive functions.
Teoria della dimostrazione.	Proof theory	MAT/01	6	Il concetto formale di dimostrazione. Sistemi dimostrativi. Logiche non classiche. Analisi ordinale.	Proof Theory: The formal notion of proof. Proof systems. Non-classical logics. Ordinal analysis.
Teoria descrittiva della complessità	Descriptive complexity theory	MAT/01	6	Modelli finiti e complessità computazionale.	Finite models and computational complexity.
Ultrafiltri e metodi nonstandard.	Ultrafilters and nonstandard methods:	MAT/01	6	Ultrafiltri e ultrapotenze. Fondamenti dell'analisi non-standard. Applicazioni alla teoria di Ramsey e alla teoria combinatoria dei numeri.	Ultrafilters and ultrapowers. Foundations of nonstandard analysis. Applications to Ramsey theory and combinatorial number theory.
Algebra commutativa e geometria algebrica computazionale	Computational commutative algebra and algebraic geometry	MAT/02	6	Costruzioni e algoritmi per l'algebra commutativa e la geometria algebrica, applicazioni.	Constructions and algorithms for commutative algebra and algebraic geometry, applications.
Algebra computazionale A	Computer algebra A	MAT/02	6	Aritmetica, fattorizzazione, integrazione.	Arithmetic, factorization, integration.
Algebra computazionale B	Computer algebra B.	MAT/02	6	Metodi effettivi per la risoluzione di sistemi di equazioni polinomiali.	Effective methods for polynomial system solving.
Algebra lineare e multilineare	Linear and multilinear algebra	MAT/02	6	Strutture algebriche lineari.	Linear algebraic structures.
Algebra omologica	Homological algebra	MAT/02	6	Moduli proiettivi e iniettivi. Categorie e funtori. Funtori aggiunti. Categorie di moduli. Successioni esatte, risoluzioni, funtori derivati. (Co)omologia di gruppi e algebre.	Projective and injective modules. Categories and functors. Adjoint functors. Categories of modules. Exact sequences, resolutions, derived functors. (Co)homology of groups and algebras.

Algebra superiore A	Higher algebra A	MAT/02	6	Algebra commutativa.	Commutative algebra.
Algebra superiore B	Higher algebra B	MAT/02	6	Algebre e loro rappresentazioni	Algebras and their representations
Algebre e gruppi di Lie	Lie algebras and Lie groups:	MAT/02	6	Teoremi di struttura per le algebre di Lie di dimensione finita (incluso il caso delle algebre semisemplici complesse). Gruppi di Lie e relazione con le algebre di Lie. Introduzione alla teoria delle rappresentazioni delle algebre e gruppi di Lie.	Structure theorems for Lie algebras of finite dimension (including the case of complex semisimple algebras). Lie groups and their relation with Lie algebras. Introduction to the representation theory of Lie algebras and Lie groups.
Campi ciclotomici	Cyclotomic fields	MAT/02	6	Caratteri di Dirichlet, serie L di Dirichlet, numeri di Bernoulli, formula del numero di classi, teorema di Stickelberger.	Dirichlet characters, Dirichlet L-series, Bernoulli numbers, class number formula, Stickelberger theorem.
Curve algebriche	Algebraic curves	MAT/02	6	Curve algebriche, divisori. Curve ellittiche, iperellittiche, jacobiane. Applicazioni.	Algebraic curves, divisors. Elliptic and hyperelliptic curves, jacobians. Applications.
Forme modulari	Modular forms	MAT/02	6	L-serie, equazioni funzionali e operatori di Heck	L-series, functional equations and Hecke operators.
Gruppi di Coxeter	Coxeter Groups	MAT/02	6	Sistemi di radici e gruppi generati da riflessioni.	Root systems and groups generated by reflections.
Introduzione all'analisi p-adica	Introduction to p-adic analysis	MAT/02	6	Struttura dei numeri p-adici; continuita', differenziabilita' e analiticitita' in campo p-adico.	The structure of p-adic numbers; continuous, differentiable and analytic p-adic functions .
Matematica discreta	Discrete mathematics	MAT/02	6	Calcolo combinatorio, funzioni generatrici, grafi, teoria di Ramsey.	Combinatorics, generating functions, graphs, Ramsey theory.
Matematica e musica	Mathematics and music	MAT/02	6	Formalizzazione algebrica delle strutture musicali.	Algebraic formalization of musical structures.

Metodi matematici della Crittografia	Mathematical methods in Cryptography:	MAT/02	6	Metodi ed algoritmi matematici applicati alla crittografia ed alla crittanalisi: fattorizzazione, logaritmo discreto. Curve ellittiche, fattorizzazione e crittografia ellittica ed iperellittica. Reticoli.	Mathematical methods in cryptography and cryptanalysis: factorization, discrete logarithm. Elliptic curves, factorization, elliptic and hyperelliptic cryptography. Lattices.
Teoria algebrica dei numeri 2	Algebraic number theory 2	MAT/02	6	Valori assoluti, campi locali, differenziale, discriminante, ramificazione, gruppi di ramificazione.	Absolute values, local fields, different, discriminant, ramification, ramification groups.
Teoria analitica dei numeri A	Analytic number theory A	MAT/02	6	Problemi legati alla distribuzione dei primi; la Zeta di Riemann e le funzioni L di Dirichlet.	Problems in analytic number theory related to the distribution of primes; the Riemann Zeta-function and the Dirichlet L-functions .
Teoria analitica dei numeri B	Analytic number theory B	MAT/02	6	Problemi analitici di natura additiva con particolare riferimento al metodo di Hardy e Littlewood	Additive problems in analytic number theory with particular attention to the Hardy-Littlewood method.
Teoria dei codici	Coding theory	MAT/02	6	Trasmissione con errore, correzione d'errore. Famiglie di codici correttori. Metodi di geometria algebrica e algebra computazionale per la costruzione di codici e la decodifica.	Transmission with errors, error correction. Families of error correcting codes. Algebraic geometry and computer algebra methods for the construction and decoding of error correcting codes.
Teoria dei gruppi	Group theory	MAT/02	6	Serie di composizione, gruppi di permutazioni, gruppi nilpotenti, gruppi risolubili.	Composition series, permutation groups, nilpotent and solvable groups.
Teoria delle categorie	Category theory	MAT/02	6	Categorie, funtori; aggiunti; limiti, colimiti; fasci, topoi.	Categories, functors; adjoints; limits, colimits; sheaves, topoi.
2-varietà	2-manifolds	MAT/03	6	Varietà di dimensione due e loro automorfismi.	Two-dimensional manifolds and their automorphisms.

3-varietà	3-manifolds	MAT/03	6	Risultati classici sulla topologia delle 3-varietà. Esempi e costruzioni di 3-varietà.	Classical results on the topology of 3-manifolds. Examples and constructions of 3-manifolds.
4-varietà	4-manifolds	MAT/03	6	Risultati classici sulla topologia delle 4-varietà. Esempi e costruzioni di 4-varietà.	Classical results on the topology of 4-manifolds. Examples and constructions of 4-manifolds.
Analisi complessa A	Complex analysis A	MAT/03	6	Il fascio dei germi delle funzioni analitiche; Nullstellensatz; spazi analitici; Teoremi A e B di Cartan.	The sheaf of germs of holomorphic functions; Nullstellensatz; analytic spaces; Cartan's Theorems A and B.
Analisi complessa B	Complex analysis B	MAT/03	6	Funzioni plurisubarmoniche; domini pseudoconvessi; equazione del de-bar.	Plurisubharmonic functions; pseudoconvex domains; de bar-equation.
Dinamica iperbolica	Hyperbolic dynamics	MAT/03	6	Sistemi dinamici iperbolici; dinamica in dimensione bassa.	Hyperbolic dynamical systems; low-dimensional dynamics.
Dinamica olomorfa	Holomorphic dynamics	MAT/03	6	Insiemi di Julia e di Fatou; dinamica di funzioni olomorfe di una variabile.	Julia and Fatou sets; dynamics of holomorphic functions of one complex variable.
Geometria algebrica A	Algebraic geometry A	MAT/03	6	Schemi, fasci, coomologia.	Schemes, sheaves, cohomology.
Geometria algebrica B	Algebraic geometry B	MAT/03	6	Varietà complesse, metodi trascendenti	Complex manifolds, transcendental methods.
Geometria algebrica C	Algebraic geometry C	MAT/03	6	Curve e superfici di Riemann.	Curves and Riemann surfaces.
Geometria algebrica D	Algebraic geometry D	MAT/03	6	Tori complessi e varietà abeliane.	Complex tori and abelian varieties.
Geometria algebrica E	Algebraic geometry E	MAT/03	6	Superfici algebriche.	Algebraic surfaces.
Geometria algebrica F	Algebraic geometry F	MAT/03	6	Varietà toriche.	Toric varieties.
Geometria degli spazi metrici	Geometry of metric spaces	MAT/03	6	Nozioni di curvatura. Quasi isometrie. Geometria a larga scala.	Notions of curvature. Quasi isometries. Coarse geometry.

Geometria di contatto	Contact geometry	MAT/03	6	Varietà di contatto. Esempi standard. Teorema di Darboux. Nodi Legendriani e trasversi. Libri aperti e strutture di contatto.	Contact manifolds. Basic examples. Darboux's theorem. Legendrian and transverse knots. Open books and contact structures.
Geometria differenziale complessa	Complex differential geometry	MAT/03	6	Varietà complesse; coomologia di Dolbeault; varietà di Stein; metriche e distanze intrinseche.	Complex manifolds; Dolbeault cohomology; Stein manifolds; intrinsic metrics and distances.
Geometria e topologia delle superfici	Geometry and topology of surfaces	MAT/03	6	Spazio di Teichmüller; laminazioni geodetiche; complessi di curve.	Teichmüller space; geodesic laminations; curve complexes.
Geometria iperbolica	Hyperbolic geometry	MAT/03	6	Lo spazio iperbolico. Esempi e costruzioni di varietà iperboliche. Proprietà topologiche e geometriche di varietà iperboliche.	Hyperbolic space. Examples and constructions of hyperbolic manifolds. Topological and geometric properties of hyperbolic manifolds.
Geometria reale A	Real geometry A	MAT/03	6	Geometria degli insiemi semialgebrici. Algebra reale. Strutture o-minimali.	Semialgebraic sets. Real algebra. o-minimal structures.
Geometria reale B	Real geometry B	MAT/03	6	Geometria degli insiemi semianalitici e subanalitici.	Geometry of semianalytic and subanalytic sets.
Geometria reale C	Real geometry C	MAT/03	6	Topologia delle curve e superfici reali.	Topology of real curves and surfaces.
Geometria reale computazionale	Computational real geometry	MAT/03	6	Campi formalmente reali. Numeri algebrici reali, varietà algebriche reali. Algoritmi e applicazioni.	Formally real fields. Real algebraic numbers, real algebraic varieties. Algorithms and applications.
Geometria Riemanniana	Riemannian geometry	MAT/03	6	Relazioni fra curvatura e topologia; teoremi di confronto e di pinching.	Relationships between curvature and topology; comparison theorems and pinching theorems.
Geometria simplettica	Symplectic geometry	MAT/03	6	Varietà simplettiche. Esempi standard. Teorema di Darboux. Strutture quasi-complesse compatibili.	Symplectic manifolds. Basic examples. Darboux's theorem. Compatible almost-complex structures.

Operatori differenziali e teoremi dell'indice	Differential operators and index theorems	MAT/03	6	Algebre di Clifford. Operatori di Dirac. Teoremi dell'indice.	Clifford algebras. Dirac operators. Index theorems.
Sistemi dinamici discreti	Discrete dynamical systems	MAT/03	6	Dinamica topologica; insiemi iperbolici; teoria ergodica.	Topological dynamics; hyperbolic sets; ergodic theory.
Spazi simmetrici	Symmetric spaces	MAT/03	6	Gruppi di Lie. Algebre di Lie. Spazi localmente simmetrici e spazi simmetrici.	Lie groups and Lie algebras. Locally symmetric and symmetric spaces.
Teoria dei nodi	Knot theory	MAT/03	6	Invarianti di nodi e di link. Trecce.	Invariants of knots and links. Braids.
Topologia algebrica	Algebraic topology	MAT/03	6	Omotopia e teorie coomologiche	Homotopy and cohomology theories.
Topologia differenziale	Differential topology	MAT/03	6	Funzioni di Morse e decomposizioni in manici. Teorema dell'h-cobordismo.	Morse functions and handle decompositions. The h-cobordism theorem.
Topologia e geometria in bassa dimensione	Low-dimensional topology and geometry	MAT/03	6	Varietà topologiche, lineari a pezzi e differenziabili di dimensione minore di 5.	Topological, PL and differentiable manifolds of dimension less than 5.
Topologia generale	General topology	MAT/03	6	Spazi normali, teorema di Urysohn, compattezza, teorema di Baire, paracompattezza, partizioni dell'unità.	Normal spaces, Urysohn theorem, compactifications, Baire theorem, paracompact spaces, partitions of unity.
Didattica della matematica A	Didactics of mathematics A	MAT/04	6	Processi di apprendimento della matematica; contesti e tipi di razionalità; ostacoli epistemologici e didattici nell'insegnamento della matematica	Mathematics learning processes; contexts and types of rational thinking; didactical and epistemological obstacles in the teaching of mathematics.
Didattica della matematica B	Didactics of mathematics B	MAT/04	6	Modelli, metodologie e materiali didattici, curricula e libri di testo, la valutazione degli allievi e dei sistemi scolastici	Models, methodologies and teaching materials, curricula and textbooks, pupils' and school systems' assessment.

Matematica e societ`a	Mathematics and society	MAT/04	6	Matematica, societ`a e curricula; il contesto culturale nell'insegnamento ed apprendimento della matematica; il ruolo delle conoscenze matematiche non-scolastiche	Mathematics, society and curricula; the cultural context in mathematics teaching and learning; the role of the out-of-school mathematical knowledge.
Origini e sviluppo delle matematiche moderne	Origins and development of modern mathematics	MAT/04	6	Scopo del corso e' di far apprezzare le problematiche e le metodologie necessarie per affrontare una ricerca nel campo della storia della matematica moderna. Di anno in anno verra' scelto un autore o una problematica, per esempio: Galileo e la rivoluzione scientifica; la nascita dell'algebra simbolica e la teoria delle equazioni; la geometria cartesiana; l'invenzione del calcolo infinitesimale; la riforma dell'analisi nel XIX secolo, la nascita della teoria di Galois. Accanto ad alcune lezioni di inquadramento generale sull'argomento scelto si affrontera' la lettura diretta di uno o piu' testi e la discussione della letteratura in materia.	Problems and methods to study the math modern history: general picture, direct study of classical texts
Problem solving	Problem solving	MAT/04	6	Ruolo dei problemi nell'insegnamento della matematica; euristiche; problem solving e problem posing	The role of problems in the teaching of mathematics; euristics; problem solving and problem posing

Storia della matematica antica e della sua tradizione	History of ancient mathematics and its tradition	MAT/04	6 Scopo del corso e' di far apprezzare le problematiche e le metodologie necessarie per affrontare una ricerca nel campo della storia della matematica antica. Accanto ad alcune lezioni di inquadramento generale (caratteristiche della matematica greca, concetto di tradizione testuale, edizioni di riferimento) si affrontera' la lettura diretta di uno o piu' testi legati a un autore classico (Euclide, Archimede, Apollonio, ecc.) o a una problematica (geometria di misura, geometria di posizione, meccanica ecc.). Se ne studiera' poi la tradizione rinascimentale, e' l'impatto che tali testi hanno avuto sulla nascita della matematica moderna.	Problems and methods to study the math history from antique times: general picture, direct study of classical texts, From the Renaissance to the modern mathematics.
Tecnologie per la didattica	Technologies for education	MAT/04	6 Ruolo delle tecnologie nell'apprendimento / insegnamento della matematica; uso e costruzione di strumenti didattici informatici, multimediali e telematici	Technologies for education: The role of technologies in the teaching/learning of mathematics; use and construction of computer-based, multimedia and at distance teaching instruments.
Analisi convessa	Convex analysis	MAT/05	6 Topologie deboli su spazi di Banach, funzioni convesse, calcolo in spazi di Banach, sottodifferenziale, disequazioni variazionali, multifunzioni.	Weak topologies in Banach spaces, convex functions, calculus in Banach spaces, subdifferential variational inequalities, multifunctions.

Analisi microlocale	Microlocal analysis	MAT/05	6	Operatori pseudodifferenziali. Integrali oscillanti. Fronte d'onda e propagazione delle singolarità. Teorema di Hörmander. Ottica geometrica e operatori integrali di Fourier. Disuguaglianza di Fefferman- Phong. Calcolo paradifferenziale. Teoria di Littlewood- Paley. Localizzazione in spazi di frequenza. Spazi di Besov.	Pseudodifferential operators. Oscillating integrals. Wave front set and propagation of singularities. Hörmander's theorem. Geometrical optics and Fourier integral operators. Fefferman- Phong inequality. Paradifferential calculus. Littlewood- Paley theory. Localization in frequency space. Besov spaces.
Analisi nonlineare	Nonlinear analysis	MAT/05	6	Teorie e metodi sul comportamento globale di operatori non lineari, fra spazi di dimensione finita o spazi di funzioni, collegati con classici problemi equazioni non lineari.	Theories and methods for the global behaviour of some nonlinear operators, in finite dimension spaces or in function spaces, related with classic nonlinear problems or equations.
Analisi reale ed armonica	Real and harmonic analysis	MAT/05	6	Fondamenti dell'Analisi armonica, teoria di Calderon-Zygmund, trasformata di Fourier, moltiplicatori di Fourier.	Basic concepts of the harmonic analysis, the Calderon-Zygmund theory, Fourier transform and Fourier multipliers.
Calcolo delle variazioni A	Calculus of variations A	MAT/05	6	Il metodo diretto nel calcolo delle variazioni. Condizioni necessarie e sufficienti di semicontinuità inferiore per funzionali integrali su spazi di Sobolev di funzioni scalari. Il caso vettoriale. Integrali invarianti. Misure di Young e misure di Young gradienti. Convessità, convessità di rango-uno, quasiconvessità, policonvessità. Rilassamento.	The direct method in the calculus of variations. Necessary and sufficient conditions for the semicontinuity of variational integrals on Sobolev spaces of scalar functions. The case of vector-valued functions. Invariant integrals. Young measures and Gradient Young measures. Convexity, rank-one convexity, quasiconvexity, policonvexity. Relaxation.
Calcolo delle variazioni B	Calculus of variations B	MAT/05	6	Teoria della regolarità per minimi di funzionali integrali.	Regularity theory for minima of variational integrals.

Complementi di analisi funzionale	Functional analysis	MAT/05	6	Spazi vettoriali topologici, misure e distribuzioni. Convoluzione, trasformata di Fourier, teorema di Paley-Wiener ed applicazioni alle EDP. Teoria spettrale per operatori non limitati. Calcolo operativo, semigrupp di operatori. Teorema di Malgrange-Ehrenpreis. Teoremi di punto fisso in dimensione infinita ed applicazioni alle EDP.	Topological vector spaces, measures and distributions. Convolution, Fourier transform, Paley-Wiener theorem and applications to PDE's. Spectral theory for unbounded operators. Operational calculus, semigroups of operators. Malgrange-Ehrenpreis theorem. Infinite dimensional fixed-point theorems and applications to PDE's.
Equazioni differenziali ordinarie	Ordinary differential equations	MAT/05	6	Problema di Cauchy. Equazioni di Bernoulli, D'Alembert, Clairaut, Eulero, Riccati. Metodo di Peano. Equazioni lineari. Dipendenza regolare dai dati. Soluzioni massimali. Equilibri. Problemi di Sturm- Liouville	Cauchy Problem, local or global existence. Equations of Bernoulli, D'Alembert, Clairaut, Eulero, Riccati. Peano's method. Linear equations. Smooth dependence on the data. Maximal solutions. Equilibria. Sturm-Liouville problems.
Equazioni ellittiche	Elliptic equations	MAT/05	6	Teoria della regolarità. Equazioni in forma di divergenza. Equazioni non variazionali. Equazioni non lineari. Problemi al contorno. Frontiera libera. Problemi con ostacolo. Equazioni degeneri. Teoria del potenziale. Funzioni armoniche. Interpolazione. Autovalori.	Theory of regularity. Equations in divergence form. Nonvariational equations. Nonlinear equations. Boundary problems. Free boundary problems. Obstacle problems. Degenerate equations. Potential theory. Harmonic functions. Interpolation. Eigenvalues.

Funzioni speciali	Special functions	MAT/05	6	Funzione gamma di Eulero: equazioni funzionali, formula di Stirling. Funzioni ellittiche: funzione P di Weierstrass. Elementi della teoria della funzione zeta di Riemann. Soluzioni di equazioni differenziali lineari a coefficienti analitici: funzione ipergeometrica, funzioni di Bessel.	Euler gamma-function: functional equations, Stirling's formula. Elliptic functions: Weierstrass' P-function. Topics in the theory of the Riemann zeta-function. Solutions of linear differential equations with analytic coefficients: hypergeometric function, Bessel functions.
Metodi topologici per le equazioni differenziali	Topological methods for differential equations	MAT/05	6	Teorie topologiche variazionali o non variazionali per alcune classi di equazioni non lineari di tipo differenziale o integrale.	Topological theories in variational or non variational framework, for some classes of nonlinear differential or integral equations.
Onde lineari e non lineari	Linear and nonlinear waves:	MAT/05	6	Principali proprietà delle soluzioni delle equazioni delle onde lineari e non lineari; proprietà dispersive delle soluzioni e decadimento dell'energia locale.	Main properties of the solutions of linear and nonlinear wave equations; dispersive properties and local energy decay
Problemi di evoluzione	Evolution problems	MAT/05	6	Equazioni astratte, scale di Banach. Teorema di Cauchy-Kovalewski. Caratteristiche. Equazione delle onde. Sistemi iperbolici a coefficienti costanti. Condizioni di Hadamard-Garding. Sistemi simmetrici, metodo dell'energia. Sistemi strettamente iperbolici. Simmetrizzatore micro-locale.	Abstract equations, Banach scales. Cauchy-Kovalewski theorem. Characteristics. Wave equation. Hyperbolic systems with constant coefficients. Hadamard- Garding conditions. Symmetric systems, energy method. Strictly hyperbolic equations. Microlocal symmetrizers.

Spazi di Funzioni	Functional Spaces	MAT/05	6	Proprietà fini delle funzioni derivabili in senso debole: funzioni di Sobolev e BV, insiemi di perimetro finito. Altri spazi di funzioni. Riarrangiamento e disuguaglianze funzionali.	Fine properties of weakly differentiable functions: Sobolev functions, BV functions, finite perimeter sets. Other functional spaces. Rearrangement and functional inequalities.
Superfici minime	Minimal Surfaces	MAT/05	6	Risultati di esistenza per superfici minime: approccio classico, insiemi di perimetro finito, correnti. Alcuni risultati di regolarità per le ipersuperfici minime.	Existence results for minimal surfaces: classical approach, finite perimeter sets, currents. Some regularity results for minimal hypersurfaces.
Teoria dei controlli	Automated control theory	MAT/05	6	Teoria di controllabilità, osservabilità e stabilizzazione via feedback; modelli di controllo lineari; teoria geometrica di controllabilità per sistemi regolari; sistemi switching e sistemi ibridi.	Controllability, observability and feedback stabilization; linear control models; geometric controllability for regular systems; switching and hybrid systems.
Teoria dei giochi	Game theory.	MAT/05	6	Equilibri nei modelli di giochi noncooperativi, teoria dei giochi cooperativi, giochi posizionali e giochi differenziali	Equilibrium theory for noncooperative game models, cooperative game theory, positional games and differential games.
Teoria del controllo ottimo	Optimal control theory:	MAT/05	6	Problemi di controllo di energia minima e di tempo minimo; esistenza e di sensitività delle soluzioni; principio di massimo di Pontryagin, approccio di programmazione dinamica ed equazione di Hamilton- Jacobi- Bellman.	Minimum energy and minimum time optimal control problems; existence and sensitivity theory; Pontryagin maximum principle; dynamic programming approach and Hamilton- Jacobi- Bellman equation.
Teoria della misura	Measure theory.	MAT/05	6	Misure astratte, misure su uno spazio topologico, integrale di Daniell, convergenze di misure.	Abstract measures, measures on a topological vector space, integral of Daniell, convergence of measures.

Teoria delle funzioni	Theory of functions:	MAT/05	6	Elementi della teoria delle funzioni analitiche di una variabile complessa: serie di Mittag-Leffler, fattorizzazione di Weierstrass, fattorizzazione delle funzioni intere di ordine finito, sviluppi asintotici, teorema di Picard.	Topics in complex function theory: Mittag-Leffler's series, Weierstrass' factorization, factorization of entire functions of finite order, asymptotic expansions, Picard's theorem.
Teoria ergodica	Ergodic theory	MAT/05	6	Teoremi di Krein-Milman e di Choquet, teoria spettrale. Esempi di base. Teoremi di Poincaré, Birkhoff, von Neumann. Decomposizione ergodica. "Mixing" e "weak mixing". Operatore di Perron-Frobenius. Decadimento delle correlazioni. Entropia. Dinamica simbolica. Catene di Markov e misura di Parry.	Theorems of Krein-Milman and Choquet, spectral theory. Basic examples. Poincaré, Birkhoff and von Neumann theorems. Ergodic decomposition. Mixing and weak mixing, Operator of Perron-Frobenius. Correlations decay. Entropy. Symbolic dynamics. Markov chains and Parry measure.
Teoria geometrica della misura	Geometric measure theory	MAT/05	6	Misure e dimensione di Hausdorff. Insiemi rettificabili. Formula dell'area e della coarea. Correnti normali ed intere. Esistenza delle soluzioni per il problema di Plateau omologico.	Hausdorff measures and dimensions. Rectifiable sets. Area and coarea formula. Integral and normal current. Existence of solution for the homological Plateau problem.
Finanza matematica	Financial Mathematics	MAT/06	6	Assenza di arbitraggio e valutazione degli attivi nei modelli finanziari a tempi finiti. Modelli di diffusione: formule di Black-Scholes, modelli a volatilità locale e a volatilità stocastica. Modelli per la struttura a termine dei tassi d'interesse. Introduzione alla teoria delle misure di rischio.	Absence of arbitrage in finance models for finite time. Diffusion models: Black-Scholes formula. Introduction in the Risk theory.
Probabilità Superiore A	Higher probability A	MAT/06	6	Alcuni argomenti avanzati sui processi stocastici di Markov e sull'integrazione stocastica.	Stochastic process of Markov and stochastic integration.

Probabilità Superiore B	Higher probability B	MAT/06	6	Alcuni argomenti avanzati di teoria dei processi stocastici. Ad esempio "calcolo delle variazioni stocastico", oppure filtraggio e controllo stocastico.	Advanced arguments in stochastic processes
Determinazione orbitale	Orbital determination	MAT/07	6	Problema dei minimi quadrati, simmetrie e degenerazioni. Campo gravitazionale di un corpo esteso, problema del satellite. Perturbazioni non-gravitazionali, geodesia e gravimetria spaziale.	The least squares problem, symmetries and degeneracy. The gravity field of an extended body, the satellite problem. Non-gravitational perturbations, geodesy and gravimetry from space.
Dinamica del sistema Terra-Luna	Dynamics of the Earth-Moon system	MAT/07	6	Il sistema Terra-Luna-Sole e le caratteristiche principali dell'orbita della Luna. Il tracking laser della Luna nell'era spaziale (LLR-Lunar Laser Ranging). LLR e la verifica della Relatività Generale.	The Earth-Moon-Sun system and the main features of the lunar orbit. Laser tracking of the Moon in the space age (LLR-Lunar Laser Ranging). Testing General Relativity with LLR.
Fisica matematica	Math Physics	MAT/07	6	Richiami di meccanica hamiltoniana, sistemi completamente integrabili e variabili azione angolo. Metodi perturbativi: teorema della media. Soluzioni periodiche del problema degli N-corpi, teorema geometrico di Poincaré-Birkhoff. Orbite periodiche con metodi variazionali.	Hamiltonian Mechanics. Integrable systems and action-angle variables. Methods from perturbation theory: averaging theorem. Periodic solution of the N-body problem: continuation methods, geometric theorem by Poincaré-Birkhoff, periodic orbits with variational methods.
Meccanica celeste	Celestial mechanics	MAT/07	6	Equazioni di moto degli N corpi, metodi perturbativi, risonanze, perturbazioni secolari, elementi propri. Confronto con i metodi numerici.	N-body equations of motion, perturbation theory, resonances, secular perturbations, proper elements. Comparison with numerical integrations.

Meccanica dei Continui	Continuous mechanics	MAT/07	6	Richiami di calcolo tensoriale, meccanica dei continui tridimensionali e dei continui unidimensionali (anche con struttura).	Elements of tensor calculus, continuous mechanics in dimensions three and one.
Meccanica spaziale	Space mechanics	MAT/07	6	Principi di navigazione spaziale. Teoria delle perturbazioni e moto di satelliti artificiali e sonde spaziali. Caratteristiche dell'ambiente spaziale. Esperimenti di fisica fondamentale nello spazio.	Basics of space flight and space navigation. Perturbation theory and the motion of artificial satellites and space probes. The space environment. Fundamental physics experiments in space.
Meccanica superiore	Higher mechanics	MAT/07	6	Richiami di meccanica hamiltoniana. Singolarita' del problema degli N-corpi: congettura di Painleve' e teorema di Von Zeipel. Regolarizzazione delle collisioni: collisioni binarie, teoria di Sundman. Collisioni triple, varieta' di collisione tripla di McGehee. Geometria mutua di orbite kepleriane confocali. collisioni binarie, teoria di Sundman. Collisioni triple, varieta' di collisione tripla di McGehee. Geometria mutua di orbite kepleriane confocali.	Hamiltonian Mechanics. Singularities of the N-body problem: the Painleve' conjecture and Von Zeipel's theorem. Regularization of collisions: binary collisions, Sundman's theory. Triple collisions and McGehee's triple collision manifold. Mutual geometry of Keplerian confocal orbits.
Relativita' generale A	General relativity A	MAT/07	6	Spazio-tempo come varieta'. Moto lungo una geodetica. Equazioni di Einstein per la curvatura dello spazio-tempo. Metrica di Schwarzschild e di Kerr. Esempi di osservabili relativistiche	Special Relativity and Einstein's Equivalence Principle. Spacetime as a manifold. Einstein's equations for spacetime curvature. Schwarzschild and Kerr metrics. Examples of relativistic observables.

Elementi avanzati di algebra lineare numerica	Advanced numerical linear algebra	MAT/08	6	Metodi di Krylov, GMRES, BiCG, polinomi di matrici, problemi polinomiali agli autovalori, funzioni di matrici.	Krylov methods, GMRES, BiCG, matrix polynomials, polynomial, eigenvalue problems, matrix functions.
Metodi di approssimazione	Approximation methods	MAT/08	6	Risoluzione numerica di equazioni matriciali. Algoritmi numerici per matrici con struttura.	Numerical solution of matrix equations. Numerical methods for structured matrices.
Metodi numerici per catene di Markov	Numerical methods for Markov chains.	MAT/08	6	Matrici nonnegative e teorema di Perron-Frobenius. Metodi per catene di Markov finite e infinite. Modelli di code e loro matrici di transizione.	Nonnegative matrices and Perron-Frobenius theorem. Methods for finite and infinite Markov chains. Queueing models and their transition matrices.
Metodi numerici per l'analisi di Fourier	Numerical methods for Fourier analysis.	MAT/08	6	Serie di Fourier e trasformata di Fourier. Trasformata discreta di Fourier, trasformate trigonometriche. Algoritmi veloci per il calcolo delle trasformate discrete.	Fourier series, Fourier transform and discrete Fourier transform. Trigonometric transforms. Fast algorithms for their computation
Metodi numerici per la grafica	Numerical methods for graphics.	MAT/08	6	Parametrizzazione interpolazione e approssimazione di curve e superfici. Curve e superfici di Bezier, B-spline.	Numerical methods for graphics: Parametrization interpolation and approximation of curves and surfaces. Bezier curves and surfaces, B-Splines.
Istituzioni di algebra	Foundations of algebra	MAT/02	9	Localizzazione di anelli e moduli, anelli e moduli noetheriani ed artiniani, decomposizione primaria, estensioni intere, domini di Dedekind, valutazioni ed anelli di valutazione, completamenti, dimensione e polinomio di Hilbert.	Localization of rings and modules, noetherian and artinian rings and modules, primary decomposition, integral extensions, Dedekind domains, valuations and valuation rings, completions, dimension and Hilbert polynomial.

Istituzioni di geometria	Geometry	MAT/03	9	Calcolo differenziale globale; coomologia di de Rham;connessioni e curvature; rudimenti di gruppi di Lie.	Global differential calculus; de Rham cohomology; connections and curvatures; basics of Lie groups theory.
Istituzioni di analisi matematica	Real analysis	MAT/05	9	Spazi metrici e spazi di Banach o Hilbert: nozioni e proprietà di base. Principali risultati della teoria degli operatori limitati. Teoria spettrale per operatori compatti su spazi di Hilbert. Topologia debole e debole*. Spazi di Sobolev. Metodi variazionali e spettrali per lo studio delle equazioni ellittiche lineari o non lineari.	Basic notions and properties of Hilbert, Banach and metric spaces. Main results on bounded linear operators. Spectral theory for compact operators on Hilbert spaces. Weak and weak* topologies. Sobolev spaces. Variational and spectral methods applied to elliptic linear or nonlinear equations.
Istituzioni di fisica matematica	Principles of Mathematical physics	MAT/07	9	Meccanica newtoniana. Sistemi vincolati. Dinamica del corpo rigido. Meccanica lagrangiana in piu' gradi di liberta': simmetrie e integrali primi, riduzione dei gradi di liberta'. Stabilita' degli equilibri. Equilibri stabili: modi normali di oscillazione. Principi variazionali della Meccanica. Meccanicahamiltoniana in piu' gradi di liberta': teoria delle trasformazioni, equazione di Hamilton-Jacobi.	Newtonian Mechanics. Systems with constraints. The rigid body dynamics. Lagrangian Mechanics with more degrees of freedom: symmetry and integrals of motion, reduction of degrees of freedom. Stability of equilibria. Stable equilibria: normal modes of oscillation. The variational principles of Mechanics. Hamiltonian Mechanics with more degrees of freedom: transformation theory, Hamilton-Jacobi equation.

Istituzioni di analisi numerica	Numerical analysis	MAT/08	9 Polinomi ortogonali; approssimazione ai minimi quadrati e minimax; Interpolazione spline; formule gaussiane di integrazione. Metodi alle differenze finite per equazioni alle derivate parziali di tipo ellittico, parabolico e iperbolico.	Numerical Analysis II: Orthogonal polynomials; least squares and minimax approximation. Spline interpolation. Gaussian integration. Finite differences for elliptic, parabolic and hyperbolic equations.
---------------------------------	--------------------	--------	--	--