

## Allegato B2

### Quadro degli obiettivi formativi specifici e delle propedeuticità

Corso di Laurea Magistrale in Matematica

Curriculum Applicativo

Rau, art. 12

Insegnamento	Settore Scientifico Disciplin.	Obiettivi formativi specifici (ITA)	Specific educational objectives (ENG)	Propedeuticità obbligatorie
Istituzioni di analisi superiore	MAT/05	<p>Il corso vuole introdurre gli studenti ad argomenti avanzati, propri dell'analisi matematica e dell'analisi funzionale, le cui valenze culturali intrinseche costituiscono, al di là delle loro importanti applicazioni, elemento essenziale per il laureato Magistrale in matematica. Argomenti tipici fra cui scegliere possono essere: teoria delle distribuzioni, studio approfondito degli spazi di Banach e di Hilbert, teoria spettrale e teoria dei semigrupp, con applicazioni alle equazioni differenziali alle derivate parziali e all'analisi armonica.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i> conoscere e comprendere argomenti avanzati di analisi matematica ed i fondamenti dell'analisi funzionale.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> saper applicare i principali teoremi dell'analisi matematica e dell'analisi funzionale e di redigere in modo autonomo dimostrazioni matematiche rigorose.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> saper individuare le tecniche più adatte nel risolvere problemi assegnati, sia di tipo teorico</p>	<p>The course will propose some topics from advanced Analysis and Functional Analysis that constitute an indispensable part of the knowledge of any <i>Laureato Magistrale</i> in Mathematics. Typical topics are, for instance, distribution theory, Banach and Hilbert spaces, spectral and semigroup theory, with applications to partial differential equations and harmonic analysis.</p> <p>The student will have to</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i> know and understand selected topics in advanced analysis and the foundations of functional analysis.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i> be able to apply the main theorems of higher analysis and functional analysis in order to develop rigorous mathematical proofs for exercise problems.</p> <p><b>Cross-sectoral/soft skills</b></p> <p><i>Making judgements:</i> be able to judge what the most appropriate techniques are to solve problems arising from the theory as well as from applications.</p> <p><i>Communication skills:</i> show good communication skills in writing and presenting rigorous but comprehensible proofs.</p>	Laurea Triennale

		<p>che applicativo, anche fuori dal contesto specifico dell'analisi</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> dimostrare di possedere buone abilità comunicative, dimostrare di saper redigere autonomamente dimostrazioni matematiche rigorose e formulare congetture sui problemi proposti.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> dimostrare di possedere buone capacità di apprendimento e di saper studiare in maniera autonoma.</p>	<p><i>Learning skills:</i> show good learning ability, and to be able to study independently.</p>	
Istituzioni di geometria superiore	MAT/03	<p>Lo scopo del corso è duplice: (1) introdurre i concetti di base della teoria delle funzioni analitiche di una variabile complessa; (2) introdurre i concetti di base della geometria differenziale.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b> <i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali dell'analisi complessa in una variabile e della geometria differenziale. Riconoscere un problema analitico reale o geometrico che è possibile affrontare con i metodi dell'analisi complessa. Riconoscere un problema geometrico risolubile tramite elementi di geometria differenziale.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper affrontare e risolvere alcuni problemi classici dell'analisi complessa in una variabile e della geometria differenziale. Saper individuare applicazioni analitiche e geometriche dell'analisi complessa in una variabile e della geometria differenziale.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b> <i>Autonomia di giudizio:</i></p>	<p>The aim of the course is twofold: (1) to introduce the basic concepts of complex analysis in one variable; (2) to introduce the basic concepts of differential geometry.</p> <p>The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b> <i>Knowledge and understanding:</i> To know some basic concepts and results of complex analysis in one variable and of differential geometry. To recognize a real analytic or geometric problem that can be tackled with complex analysis methods. To recognize a geometric problem which is resolvable through differential geometry methods.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i> To know how to deal with and solve some classical problems of complex analysis in one variable and of differential geometry. To find analytical and geometric applications of complex analysis in one variable and differential geometry</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p>	<p>Primo biennio della Laurea Triennale First two years of first-level degree in Mathematics</p>

		<p>Saper individuare le tecniche analitiche o geometriche più adatte nel risolvere problemi assegnati.</p> <p>Saper valutare la difficoltà di problemi specifici sia nell'ambito dell'analisi complessa in una variabile, che della geometria differenziale.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso.</p> <p>Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica delle funzioni di analitiche in una variabile complessa, delle superficie di Riemann, e delle curve e superficie immerse nello spazio ordinario.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Riuscire a leggere un libro a livello di dottorato nello specifico ambito trattato.</p> <p>Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi</p>	<p><i>Making judgements:</i> To know how to find the most appropriate analytical or geometric techniques in solving assigned problems. To address the difficulty of specific problems both in complex analysis of one variable and in differential geometry.</p> <p><i>Communication skills:</i> To introduce, orally and in writing, a subject, or a mathematical theory, learned during the course. Being able to present to a non-specialist public the salient aspects of classical theory of analytic functions in one complex variable, of Riemann surfaces, and of curves and surfaces immersed in ordinary space.</p> <p><i>Learning skills:</i> To be able to read a graduate degree book in the fields covered by the course. To work independently in literature search. To address the proposed problems by selecting independently the most meaningful ones.</p>	
Probabilità II	MAT/06	<p>Il corso approfondisce alcuni argomenti di base del calcolo delle probabilità ed affronta in modo sistematico lo studio dei processi stocastici. Particolare attenzione viene dedicata all'utilizzazione dei modelli probabilistici in vari contesti applicativi. Programma del corso: 1) Complementi di Calcolo delle probabilità; 2) Introduzione ai processi stocastici; 3) Catene di Markov a tempo discreto; 4) Processi di Poisson; 5) Martingale a tempo discreto; 6) Moto Browniano; 7) Modelli markoviani nascosti.</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b> <b>1.1 Conoscenza e capacità di comprensione</b> Conoscenza degli elementi fondamentali del calcolo delle probabilità utili per descrivere e</p>	<p>This course gives some complements on basic probability theory and introduces the theory of stochastic processes, with a view towards applications. Course contents: 1) Complementi on elementary probability; 2) Introduction to stochastic processes; 3) Discrete-time Markov chains; 4) Poisson processes; 5) Discrete-time martingales; 6) Brownian motion; 7) Hidden Markov models.</p> <p><b>Sector-specific skills</b> <b>1.1 Knowledge and understanding</b> Knowledge and understanding of the fundamental elements of probability theory for the description of univariate and multivariate random phenomena, of the</p>	

		<p>rappresentare fenomeni aleatori, sia in ambito univariato che multivariato, degli elementi di base della teoria dei processi stocastici, dell'utilità dei processi stocastici come modelli per la ricerca nell'ambito della biologia, della finanza e dell'ingegneria.</p> <p><b>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b> Comprensione dei modelli probabilistici come strumenti di ricerca utili nelle scienze applicate e capacità di utilizzare i processi stocastici per descrivere fenomeni aleatori che si sviluppano nel tempo e nello spazio.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><b>2.1 Autonomia di giudizio</b> Autonomia di giudizio nella scelta dei modelli e dei metodi matematici più appropriati per analizzare uno specifico fenomeno aleatorio e nell'interpretazione dei risultati sperimentali.</p> <p><b>2.2 Abilità comunicative</b> Abilità comunicative nel presentare in modo convincente e corretto l'uso di uno specifico modello, motivando i risultati ottenuti e giustificando la metodologia adottata.</p> <p><b>2.3 Capacità di apprendimento permanente</b> Capacità di apprendimento utilizzando strumenti utili per riuscire a capire autonomamente i contenuti di un testo avanzato di probabilità e processi stocastici e per acquisire conoscenze più specifiche su modelli probabilistici complessi.</p>	<p>basics in the theory of stochastic processes, of the usefulness of stochastic processes for the description of random phenomena in biology, finance and engineering.</p> <p><b>1.2 Applying knowledge and understanding</b> Understanding of the probabilistic models as useful instruments for research in applied sciences an ability to use stochastic processes in order to describe random phenomena.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><b>2.1 Making judgements</b> Making judgements on the appropriate probabilistic models and methods to be used for analyzing a specific dataset and on the interpretation of the experimental results.</p> <p><b>2.2 Communication skills</b> Communication skills in order to present a probabilistic model, including both the methodology and the expected results, in a consistent and convincing way.</p> <p><b>2.3 Learning skills</b> Learning skills based on the prerequisites that are required for understanding autonomously a report on the application of the theory of stochastic processes and for learning more advanced probabilistic procedures.</p>	
Teoria e Metodi di Approssimazione	MAT/08	<p>Il corso fornisce le conoscenze di base riguardo la teoria e i metodi numerici per l'approssimazione di dati e funzioni, di integrali e derivate. Il corso include una breve introduzione al MATLAB, software matematico ampiamente usato in molti ambiti di ricerca e lavorativi, e delle attività di laboratorio, per analizzare</p>	<p>The course provides basic knowledge of theory and numerical methods for approximating data and functions, integrals and derivatives. The course includes a brief introduction to MATLAB, a mathematical software widely used in many research fields and in the work environment, and laboratory</p>	

	<p>sperimentalmente le proprietà teoriche e le prestazioni dei metodi numerici attraverso la presentazione di alcuni casi di studio. Le competenze acquisite permettono di proseguire lo studio della disciplina in ambito più avanzato e forniscono strumenti matematici utili sia per l'informatica che in altri contesti applicativi. Infatti i problemi trattati nascono anche nelle scienze naturali e sociali, nell'ingegneria, nella medicina, nella biologia e nell'economia. Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità legate alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere i risultati fondamentali e le proprietà dei principali metodi numerici di teoria dell'approssimazione, integrazione e derivazione. Apprendere le istruzioni base del software matematico MATLAB svolgendo in laboratorio alcuni semplici esercizi.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper formulare matematicamente e risolvere numericamente alcuni problemi classici della teoria dell'approssimazione. Saper valutare quale metodo risolutivo è più conveniente per un dato problema. Saper analizzare criticamente i risultati delle simulazioni numeriche. Tali competenze forniscono strumenti matematici utili per le applicazioni che si incontrano sia in informatica che in altre discipline, quali le scienze naturali e sociali, nell'ingegneria, nella medicina, nella biologia e nell'economia.</p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Acquisire la capacità di risolvere semplici problemi di approssimazione, analizzando i risultati numerici e confrontando le prestazioni di diversi algoritmi. Tali abilità mirano a sviluppare la maturità di giudizio e il</p>	<p>activities to experimentally analyze the theoretical properties and the performance of the numerical methods. The acquired skills allow to continue studying numerical analysis at an advanced level, and provide useful mathematical tools relevant to various applications. The problems presented in the course also arise in computer science, natural and social sciences, engineering, medicine, biology, and economics. The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i> Understand the fundamental results and properties of the numerical methods to approximate functions, integrals and derivatives. Learn MATLAB basics by solving simple exercises.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i> Know how to formulate mathematically and solve numerically some classic problems of approximation theory. Know how to choose the more suitable numerical method for solving a given problem. Being able to critically analyze the results of numerical simulations.</p> <p><i>Making Judgements:</i> Acquire the ability to solve simple approximation problems, analyzing numerical results and comparing the performance of different algorithms. Such skills aim to develop the maturity of judgment and the critical sense. The lab activities help develop group work.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Communication Skills:</i> Present the approximation problems and the properties of the numerical methods for their resolution using the appropriate terminology. Be able to</p>	
--	--	--	--

		<p>senso critico. Le attività proposte in laboratorio favoriscono l'abitudine al lavoro di gruppo.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare i problemi matematici presentati nel corso e le proprietà dei metodi numerici per la loro risoluzione usando la terminologia appropriata. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria e dei metodi di approssimazione.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Affrontare i problemi proposti selezionando in maniera autonoma i metodi numerici per la loro risoluzione, trarre le conclusioni e comunicare efficacemente.</p>	<p>present to a non-specialist public the salient aspects of approximation theory and practice.</p> <p><i>Learning Skills:</i> Address the proposed problems by independently selecting numerical methods for their resolution, drawing conclusions, and communicating effectively. Familiarity with MATLAB, a mathematical software widely used in many scientific fields, provides with an additional ability.</p>	
Ottimizzazione Combinatoria	MAT/09	<p>Il corso presenta alcune classi fondamentali di problemi e metodologie dell'Ottimizzazione Combinatoria.</p> <p>Al termine del corso lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i></p> <p>conoscere metodi risolutivi per la PL/PLI basati sulla generazione di colonne;</p> <p>conoscere la teoria della dualità ed i metodi Lagrangiani;</p> <p>conoscere la teoria delle reti di flusso ed alcuni metodi risolutivi;</p> <p>conoscere la programmazione dinamica ed alcune sue applicazioni alla risoluzione di problemi di ottimizzazione combinatoria;</p> <p>conoscere gli argomenti di base della teoria dei matroidi ed alcune applicazioni in ottimizzazione combinatoria;</p> <p>conoscere gli algoritmi risolutivi per alcuni classici problemi su grafi.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p>	<p>The course presents some fundamental classes of problems and methodologies of Combinatorial Optimization.</p> <p>At the end of the course the student will:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i></p> <p>know how to apply the column generation approach to solve models with an exponential number of variables;</p> <p>know the theory of duality and Lagrangian methods;</p> <p>know the theory of network flows and the algorithms for some classical network problems;</p> <p>know about dynamic programming and its applications to solve combinatorial optimization problems;</p> <p>know the basic arguments of matroid theory and its applications in combinatorial optimization;</p> <p>know how to solve some classic problems on graphs.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i></p>	

		<p>sapere proporre ed utilizzare metodi risolutivi basati sulla generazione di colonne;  sapere proporre ed utilizzare metodi risolutivi basati sul rilassamento lagrangiano dei vincoli;  essere in grado di formulare modelli di flusso per problemi combinatori/applicativi;  saper definire uno schema di programmazione dinamica e dedurre un algoritmo risolutivo per problemi con particolare struttura;  sapere applicare gli algoritmi presentati nel corso per la risoluzione di semplici istanze dei problemi di cammino minimo, flusso a costo minimo, massimo flusso, albero di supporto di costo minimo, accoppiamento.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b>  <i>Autonomia di giudizio:</i>  sapere individuare modelli ed algoritmi appropriati per problemi di ottimizzazione combinatoria.  <i>Abilità comunicative:</i>  sapere presentare gli argomenti svolti nel corso con rigore formale e completezza.  <i>Capacità di apprendimento:</i>  essere in grado di approfondire autonomamente gli argomenti del corso in relazione ad aspetti formali non svolti in classe;  essere in grado di consultare la letteratura scientifica del settore.</p>	<p>be able to propose and solve models that require a column generation approach;  be able to solve suitable problems using the Lagrangian relaxation of constraints;  be able to formulate flow models for combinatorial / applicational problems;  know how to define a dynamic programming scheme and deduce a resolution algorithm for problems with particular structure;  know how to apply the algorithms presented in the course to solve simple instances of the minimum path problem, the min cost flow problem, the maximum flow, the minimum spanning tree and matching problems.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b>  <i>Making judgments:</i>  Be able to identify suitable models and algorithms for combinatorial optimization problems.  <i>Communication skills:</i>  Be able to present the subjects of the course with formal rigor and completeness.  <i>Learning skills:</i>  Be able to consult the scientific literature of the discipline.</p>	
Statistica I	SECS-S/01	<p>L'insegnamento introduce i modelli statistici e la loro corroborazione empirica. Presenta poi le procedure fondamentali dell'inferenza statistica ed alcune importanti applicazioni, sulla base del metodo dell'analogia per il reperimento di sintesi informative. I punti principali toccati nel corso sono: modelli probabilistici notevoli e distribuzioni campionarie di statistiche, esatte e asintotiche, e il metodo delta; la simulazione; i dati e la loro analisi preliminare; i dati come</p>	<p>The course is an introduction to statistical modeling and inference. It presents the main procedures of frequentist statistical inference, point estimation, statistical tests, confidence intervals. In detail: special probability models; exact and asymptotic (delta method) sampling distributions of statistics; stochastic simulation; data and preliminary data analysis; data as realization of random variables; parametric and non-parametric</p>	<p>Non sono previste propedeuticità, ma sono comunque necessarie le competenze acquisite nei corsi di Probabilità I, Analisi Matematica I e II, Geometria I.</p>

	<p>realizzazioni di variabili casuali; i modelli statistici, parametrici e non parametrici; la corroborazione empirica del modello statistico; sintesi campionarie informative sui parametri ignoti del modello statistico e statistiche sufficienti minimali; la stima puntuale e i metodi di stima; introduzione ai test di verifica di ipotesi statistiche e la stima intervallare: alcuni esempi notevoli.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Conoscenze relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Conoscere gli elementi fondamentali del calcolo delle probabilità utili per descrivere e rappresentare fenomeni aleatori, sia in ambito univariato che multivariato</p> <p>Comprendere l'utilità dei modelli statistici per la ricerca nell'ambito delle scienze biologiche, ingegneristiche ed economico-sociali</p> <p>Conoscere e comprendere gli elementi di base dell'inferenza statistica</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Essere in grado di utilizzare i metodi statistici per descrivere, analizzare e interpretare dati relativi ad esperimenti casuali elementari quali il campionamento casuale semplice</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>Saper scegliere il modello e i metodi statistici più appropriati per analizzare uno specifico esperimento casuale e per interpretarne i risultati</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p> <p>Saper presentare, anche oralmente, in modo convincente e corretto l'uso di uno specifico modello statistico, motivando i risultati ottenuti e giustificando la metodologia adottata</p>	<p>statistical models; sufficient statistics; methods of point estimations; important examples of testing procedures and of interval estimation.</p> <p>The student will have:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i></p> <p>To know the elements of Probability Theory useful to describe and represent random phenomena, both univariate and multivariate</p> <p>To understand the usefulness of statistical models for biological, technological and socio-economic sciences</p> <p>To know and understand the basic elements of statistical inference</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i></p> <p>To be able to use statistical methods to describe, analyze and interpret data obtained from random experiments such as simple random sampling.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgements:</i></p> <p>To be able to choose model and statistical methods apt to analyze a particular random experiment; to be able to interpret the result of a statistical procedure</p> <p><i>Communication skills:</i></p> <p>To be able to present, also in oral form, in a convincing and correct way, the fitting of a particular statistical model, explaining the obtained results and giving reasons motivating the adopted methodology</p> <p><i>Learning skills:</i></p> <p>To be able to understand the contents of a text on theoretical statistics and to acquire in-depth knowledge on more complex statistical models.</p>	<p>Good acquaintance with Probability, Calculus, Linear Algebra</p>
--	--	---	---

		<p><i>Capacità di apprendimento:</i> Riuscire a capire i contenuti di un testo avanzato di teoria dell'inferenza statistica e ad acquisire conoscenze più specifiche su modelli statistici complessi.</p>		
Fisica moderna	FIS/01	<p>Il corso fornisce un'introduzione alla meccanica quantistica (non relativistica) e alla meccanica statistica, sia classica (moto browniano, statistica di Maxwell-Boltzmann) che quantistica. Sarà introdotto il formalismo matematico della meccanica quantistica, nelle sue varie forme, e descritti problemi di interpretazione tuttora aperti.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità legate alla disciplina</b> <i>Conoscenza e comprensione:</i> apprendere e comprendere le basi sia matematiche che fisiche della meccanica statistica e della meccanica quantistica non relativistica; conoscere le loro principali applicazioni alla struttura della materia che ci circonda.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> saper risolvere semplici problemi di meccanica statistica e quantistica; saper prevedere qualitativamente il comportamento di semplici sistemi alla luce dei risultati della meccanica statistica e quantistica; saper derivare relazioni semplici ma non ovvie fra grandezze fisiche a partire da leggi fondamentali.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b> <i>Autonomia di giudizio:</i> Essere capace di dare stime di grandezze fisiche sulla base di qualche dato noto e delle leggi della meccanica quantistica e statistica. Saper trovare il modo più semplice di risolvere un problema se può essere risolto in vari modi. Saper</p>	<p>The lectures are trimmed for one-semester course. The requirements are elementary classical physics and calculus. The aim is an introduction to Modern Physics necessarily concise and schematic but quantitatively accounting of the main frames of Special Relativity, of Quantum Physics and its implications. These topics are strictly interrelated and the presentation will be supplied with enough analytic tools to allow a full understanding of the contents and of its consequences. The structure and the meaning of the lectures aimed to the consolidation of the framework for the technology scientific research field imposes a selection of topics most adaptable from the point of view of the physical content and the mathematical formalism. Balancing between scientific ideas and experimental methods and applications.</p> <p><b>Sector-specific skills</b> <i>Knowledge and understanding :</i> The student will have a basic knowledge of the concepts of modern physics, identify its applications, the key new relevant aspects and the consequences. Be able to frame simple problems proposing solutions using the appropriate formalism.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i> Avoiding an excess of attention for individual details the student will have to feel at ease with the conceptual framework so to be able to face the possible needs of deepening individual concepts in the main and in</p>	<p>Conoscenze di base in Fisica classica: meccanica, termodinamica, elettromagnetismo, e in Matematica: spazi vettoriali, algebra lineare, equazioni differenziali.</p>

		<p>riconoscere risultati chiaramente sbagliati o in contrasto con leggi fisiche fondamentali.</p> <p><b>Abilità comunicative:</b> Saper spiegare il ragionamento seguito per spiegare un fenomeno o per risolvere un problema, in modo conciso ma chiaro, senza ambiguità né di linguaggio matematico né nell'uso dei concetti, e senza fare assunzioni non esplicitate.</p> <p><b>Capacità di apprendimento:</b> Studiare in maniera autonoma sulla bibliografia consigliata. Essere in grado di capire qualitativamente qualche risultato recente della ricerca in fisica. Individuare un problema o un argomento da approfondire per l'esame.</p>	<p>neighbor fields looking to any possible cross-fertilization within the frames of scientific technological research.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b> Making judgements: The aim of the course is to stimulate to a deeper understanding of the today's most common advanced technology. To activate student's initiatives in this direction profiting of the very wide scenario in which today independent steps can be taken is within the targets of the course. To be able to frame the most favorable approach to verify simple physical hypothesis is the final aim.</p> <p>Communication skills: discussing the proposed examples and exercises</p>	
Laboratorio di strumenti e misure fisiche	FIS/01	<p>Come esiti del corso si attende che gli studenti Abbiano acquisito conoscenze tali da permettere loro di valutare e scegliere i metodi sperimentali con cui esplorare un fenomeno fisico, dimostrando capacità di progettazione delle esperienze;</p> <p>Abbiano acquisito capacità di utilizzo e gestione degli strumenti di misura;</p> <p>Siano capaci di analizzare i risultati ottenuti, alla luce delle finalità dell'esperienza considerata;</p> <p>Sappiano comunicare in modo chiaro e privo di ambiguità i metodi usati, i risultati ottenuti e le loro conclusioni ed interpretazioni.</p>	<p>As a result of the course it is expected that the students- Are able to evaluate and choose the experimental methods with which to explore a physical phenomenon, demonstrating skills in the planning of experiments;- Have acquired the capacity to use and manage the measuring instruments;- Be able to analyze the results obtained, taking into account the aims of the experiment;- should be able to communicate clearly and without ambiguity the methods used, the results obtained and their conclusions and interpretations.</p>	<p>Aver superato gli esami dei corsi di Fisica Generale previsti nei piani di studio del Corso di laurea Triennale in Matematica.</p> <p>Knowledge of the contents of the General Physics courses.</p>
Particelle e interazioni fondamentali	FIS/01	<p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b> <i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali della fisica delle particelle Conoscere le principali tecniche di rivelazione in esperimenti ai collisionatori adronici</p>	<p>The student should be able to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b> <i>Knowledge and understanding:</i> Acquire some particle physics' basic concepts and results. Acquire the knowledge on basic detection techniques of hadronic colliders experiments.</p>	<p>Analisi matematica I e Analisi matematica II. Mathematical analysis I and Mathematical analysis II</p>

		<p>Conoscere i principi di funzionamento di un acceleratore.</p> <p>Conoscere alcuni dei problemi aperti in fisica delle particelle, esaminando gli approcci in corso per tentare di risolverli.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Saper affrontare e risolvere alcuni conti fondamentali (i.e: calcoli di relatività ristretta, computo di masse invarianti, composizione di momenti angolari e spin)</p> <p>Saper utilizzare un esempio di simulazione Monte Carlo di processi di collisione protone-protone ad un acceleratore</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>Saper individuare le tecniche sperimentali migliori per effettuare un certo tipo di misura (energia, impulso, carica, identità della particella)</p> <p>Saper valutare la difficoltà di problemi specifici.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p> <p>Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria, appresi durante il corso.</p> <p>Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti del Modello Standard e qualche problema moderno nella fisica delle alte energie.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i></p> <p>Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato.</p> <p>Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica</p> <p>Approfondire i temi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi</p>	<p>Undertand the working principles of an accelerator.</p> <p>Gain awareness of some outstanding problems in particle physics; consider the ongoing approaches and try to solve them.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i></p> <p>Be able to face up and solve some basic calculations (e.g.: special relativity calculations, invariant masses computations, angular momenta and spins compositions).</p> <p>Be able to run an example of Monte Carlo simulation of proton-proton collisions at the proton-proton Large Hadron Collider</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Judging ability:</i></p> <p>Be able to identify the best available experimental techniques for a specific type of measurements (energy, momentum, charge, particle's identification)</p> <p>Be able to evaluate the critical points related to a specific problem.</p> <p><i>Communication skills:</i></p> <p>Prepare and show scientific oral and written presentations on a specific topic</p> <p>Explain to a non-specialist public the key aspects of the Standard Model and some modern problems in high-energy physics</p> <p><i>Learning skills:</i></p> <p>Read a scientific paper on the chosen subject for the final exam</p> <p>Perform on a personal base a bibliographic search</p> <p>Study the proposed topics in depth; selecting those which look like the most interesting ones</p>	
--	--	--	---	--

<p>Algoritmi Avanzati</p>	<p>INF/01</p>	<p>Indice:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Algoritmica su stringhe</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Algoritmi e tecniche di base per la ricerca esatta su stringhe.</li> <li>○ Algoritmo Z, Knth-Morris-Pratt, Boyer-Moore</li> <li>○ Le strutture dati per la ricerca: Suffix Tries, Suffix Trees, Suffix Arrays</li> <li>○ Distanze</li> <li>○ La ricerca approssimata: programmazione dinamica</li> <li>○ Algoritmi e tecniche di base per la ricerca approssimata su stringhe</li> <li>○ Smith-Watermann, Landau-Vishkin</li> </ul> </li> <li>• <b>Algoritmi randomizzati</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Randomness e Algoritmica</li> <li>○ Algoritmi e tecniche di base</li> <li>○ Algoritmo di Rabin-Karp</li> <li>○ Universal Hashing</li> </ul> </li> <li>• <b>Algoritmi paralleli</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Algoritmi paralleli e distribuiti: modelli di calcolo</li> <li>○ Algoritmi e tecniche di base</li> <li>○ Algoritmo BoxSort</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Capacità relative alle discipline</b>  Lo/la studente/essa dovrà:  <b>1.1. Conoscenza e capacità di comprensione</b>  Conoscere le tecniche algoritmiche di base per l'analisi e l'indicizzazione di collezioni di stringhe, per l'algoritmica randomizzata, per l'algoritmica su architetture parallele o distribuite.  Conoscere la collezione dei principali algoritmi e strutture dati utilizzati nei tre campi studiati.</p>	<p>Index:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Algorithmics on strings</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Algorithms and basic techniques for exact pattern matching.</li> <li>○ Algorithms Z, Knth-Morris-Pratt, Boyer-Moore</li> <li>○ Data structures for string searching: Suffix Tries, Suffix Trees, Suffix Arrays</li> <li>○ Distances</li> <li>○ Approximate pattern matching: dynamic programming</li> <li>○ Algorithms and basic techniques for approximate pattern matching</li> <li>○ Smith-Watermann, Landau-Vishkin</li> </ul> </li> <li>• <b>Randomized algorithms</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Randomness and Algoritmica</li> <li>○ Algorithms and basic techniques</li> <li>○ Rabin-Karp algorithm</li> <li>○ Universal Hashing</li> </ul> </li> <li>• <b>Parallel algorithms</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Parallel and distributed algorithms: computation models</li> <li>○ Algorithms and basic techniques</li> <li>○ BoxSort algorithm</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Sector-specific skills</b>  The student will be able to:  <b>1.1. Knowledge and understanding</b>  Understand the basic algorithmic techniques</p>	
---------------------------	---------------	--	---	--

		<p><b>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b>  Saper implementare disegnare ed analizzare algoritmi avanzati.  Saper scegliere ed utilizzare strutture dati avanzate.  Saper implementare algoritmi che siano in grado di sfruttare randomness e architetture non convenzionali</p> <p><b>Capacità trasversali / soft skills</b>  Lo/la studente/ssa dovrà:</p> <p><b>2.1 Autonomia di giudizio</b>  Saper scegliere architettura e strutture dati adeguate per la soluzione di problemi algoritmici su stringhe.  Saper valutare le possibilità offerte dalla randomizzazione.  Saper valutare l'utilizzo di idee algoritmiche per le più popolari architetture non convenzionali.  Saper valutare la complessità e la implementabilità di uno strumento algoritmico non elementare.</p> <p><b>2.2 Abilità comunicative.</b>  Essere in grado di comunicare e argomentare in relazione a scelte algoritmiche, strutture dati, tecniche di disegno algoritmico/implementazione, ed architetture.  Saper valutare i trade-off più significativi durante le scelte e la valutazione di una soluzione algoritmica proposta.</p> <p><b>2.3 Capacità di apprendimento</b>  Saper valutare ed integrare nuove idee e tecniche algoritmiche/implementative, strutture dati e metodi di analisi della complessità computazionale.</p>	<p>for analyzing and indexing strings collections, for random algorithm, for algorithmic on parallel or distributed architectures.  Know the collection of the main algorithms and data structures used in the three fields studied.</p> <p><b>1.2 Applying knowledge and understanding</b>  Know how to deploy and analyze advanced algorithms. Know how to choose and use advanced data structures. Know how to implement algorithms that are able to exploit randomness and unconventional architectures</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b>  The student will be able to:</p> <p><b>2.1 Making judgements</b>  Know how to choose suitable architecture and data structures for solving algorithmic problems on strings. Know how to evaluate the possibilities offered by randomization. Know how to use algorithmic ideas for the most popular unconventional architectures. Know how to evaluate the complexity and implementability of a non-elemental algorithmic tool.</p> <p><b>2.2 Communication skills</b>  Communicate and argue in relation to algorithmic choices, data structures, algorithmic design / implementation techniques, and architectures. Know how to evaluate the most significant trade-offs along the choices and the analysis of a proposed algorithmic solution.</p> <p><b>2.3 Learning skills</b>  Know how to evaluate and integrate new ideas and algorithmic / implementation techniques, data structures and analytical methods of computational complexity.</p>	
--	--	---	---	--

Geometria Computazionale	INF/01	<p>Il corso esplora, anche attraverso esempi e modelli semplificati, strutture di dati e tecniche algoritmiche di base per affrontare alcuni problemi significativi di geometria piana. I principali approcci introdotti sviluppano tecniche di tipo divide-et-impera, plane-sweep e incrementale-randomizzato. Particolare attenzione è rivolta all'analisi della correttezza e della complessità computazionale degli algoritmi discussi.</p> <p>Al termine del corso lo studente avrà acquisito la capacità di individuare tecniche appropriate per affrontare problemi nell'ambito della geometria computazionale e di valutarne criticamente potenzialità, efficacia, prestazioni e robustezza.</p> <p><b>Programma Sintetico</b></p> <p>Problemi di robustezza dell'elaborazione di dati geometrici.</p> <p>Approcci generali alla soluzione di problemi di geometria piana:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Approccio divide-et-impera;</li> <li>- Tecniche di plane sweep;</li> <li>- Tecniche incrementali randomizzate.</li> </ul> <p>Problemi notevoli nell'ambito della geometria computazionale piana e analisi dei costi computazionali:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Convex hull;</li> <li>- Intersezioni di segmenti;</li> <li>- Partizioni di regioni poligonali: triangolazioni, mappe trapezoidali e suddivisioni monotone;</li> <li>- Problemi di point-location;</li> <li>- Problemi di prossimità: diagrammi di Voronoi e triangolazioni di Delaunay.</li> </ul> <p>Lo/la studente/essa dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p>1.1. <i>Conoscenza e capacità di comprensione</i></p>	<p>The course explores, also by means of examples and simplified models, basic data structures and algorithmic techniques to approach noteworthy problems of planar geometry.</p> <p>The main approaches being introduced exploit divide-et-impera, plane-sweep and randomized-incremental techniques. Particular attention is given to the analysis of the algorithms' correctness and computational costs.</p> <p>At the end of the course, the student will acquire the ability to identify appropriate techniques to address computational geometry problems and to assess their potential, effectiveness, performances and robustness.</p> <p><b>Short Syllabus</b></p> <p>Robustness issues of geometric data processing.</p> <p>General approaches to planar geometry problems:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Divide-et-impera approach;</li> <li>- Plane-sweep techniques;</li> <li>- Randomized-incremental techniques.</li> </ul> <p>Noteworthy problems of planar computational geometry and analysis of the related computational costs:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Convex hull;</li> <li>- Segment intersection;</li> <li>- Partitions of polygonal regions: triangulations, trapezoidal maps and monotone subdivisions;</li> <li>- Point-location problems;</li> <li>- Proximity problems: Voronoi diagrams and Delaunay triangulations.</li> </ul> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p>1.1. <i>Knowledge and understanding</i></p>	
--------------------------	--------	--	--	--

		<p>- Conoscere alcuni approcci algoritmici di base della geometria computazionale e le relative applicazioni;</p> <p>- Conoscere i costi computazionali di algoritmi che risolvono problemi notevoli di geometria piana;</p> <p>- Essere consapevole delle problematiche di robustezza dell'elaborazione di dati geometrici.</p> <p><b>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b></p> <p>- Saper individuare tecniche appropriate per affrontare problemi nuovi con gli strumenti della geometria computazionale;</p> <p>- Essere in grado di valutare i costi computazionali delle soluzioni progettate;</p> <p>- Essere in grado di sviluppare programmi di media dimensione per affrontare problemi di geometria piana.</p> <p><b>Capacità trasversali / soft skills</b></p> <p><b>2.1 Autonomia di giudizio</b></p> <p>- Saper analizzare i problemi al fine di identificare gli aspetti che si prestano ad essere affrontati con gli strumenti della geometria computazionale;</p> <p>- Essere in grado di confrontare e di valutare le implicazioni dell'applicazione di tecniche diverse alla risoluzione algoritmica di un problema geometrico.</p> <p><b>2.2 Abilità comunicative.</b></p> <p>- Essere in grado di usare un linguaggio preciso per presentare i risultati dell'analisi delle proprietà di un algoritmo.</p> <p><b>2.3 Capacità di apprendimento</b></p> <p>- Essere in grado di orientarsi nell'ambito della geometria computazionale e di studiare autonomamente nuovi algoritmi.</p>	<p>- Knowledge of some basic computational geometry approaches and of their applications;</p> <p>- Knowledge of the computational costs of the algorithmic solutions of noteworthy planar problems;</p> <p>- Being aware of the robustness issues of geometric data processing.</p> <p><b>1.2 Applying knowledge and understanding</b></p> <p>- Being able to identify appropriate techniques to address new problems with the tools of computational geometry;</p> <p>- Being able to assess the computational costs of the designed solutions;</p> <p>- Being able to develop medium-scale programs to address planar problems.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><b>2.1 Making judgements</b></p> <p>- Being able to analyze problems in order to identify what can be achieved with the tools of computational geometry;</p> <p>- Being able to compare and to assess the implications of different algorithmic techniques to solve a geometric problem.</p> <p><b>2.2 Communication skills.</b></p> <p>- Being able to use an accurate language to present the results of the analysis of an algorithm's properties.</p> <p><b>2.3 Learning skills</b></p> <p>- Being able to study autonomously new computational geometry algorithms.</p>	
Informatica III	INF/01	<p>Indice:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Teoria della Complessità</b></li> </ul>	<p>Index:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Complexity Theory</b></li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Complessità in termini di Tempo e Spazio su Macchine di Turing e altri modelli classici</i></li> <li>○ <i>Relazioni tra le classi di complessità</i></li> <li>○ <i>Riduzioni, completezza e istanze di linguaggi nelle diverse classi</i></li> <li>○ <i>Modelli di calcolo non standard: DNA e Quantum Computing</i></li> <li>○ <i>Algoritmi su Grafi alla base della complessità computazionale: reachability, trace equivalence and bisimulation</i></li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Information Theory</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Concetti di base</i></li> <li>○ <i>Entropia e compressione dei dati</i></li> <li>○ <i>Mutua Informazione</i></li> <li>○ <i>Complessità di Kolmogorov</i></li> </ul> </li> </ul> <p>Lo studente dovrà essere in grado di:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><b>1.1. Conoscenza e capacità di comprensione</b>  Definire formalmente i modelli classici di calcolo e le classi di complessità in tempo e spazio. Presentare alcuni elementi di ogni classe di complessità studiata. Enunciare e dimostrare i risultati della teoria della complessità presentati durante il corso. Definire i modelli di calcolo DNA e Quantum e confrontarli con i modelli classici. Descrivere gli algoritmi su grafi. Definire le nozioni standard della teoria dell'informazione. Descrivere i risultati classici sulla compressione dei dati presentati durante il corso.</p> <p><b>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b>  Classificare i linguaggi in termini di complessità in tempo e spazio. Elaborare riduzioni tra i linguaggi. Definire e implementare algoritmi sui</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Time and Space complexity on Turing Machines and other classical models</i></li> <li>○ <i>Relationships between complexity classes</i></li> <li>○ <i>Reductions, completeness and instances of languages in the different classes</i></li> <li>○ <i>Non standard computational models: DNA and Quantum Computing</i></li> <li>○ <i>Graph algorithms at the basis of computational complexity: reachability, trace equivalence and bisimulation</i></li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Information Theory</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Basic Concepts</i></li> <li>○ <i>Entropy and data compression</i></li> <li>○ <i>Mutual Information</i></li> <li>○ <i>Kolmogorov complexity</i></li> </ul> </li> </ul> <p>The student should be able to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><b>1.1. Knowledge and understanding</b>  Formally define the classical models of computation and the time/space complexity classes.  Present some proper members of each studied complexity class.  Present and prove the complexity theory results presented during the course.  Define the DNA and Quantum models of computation and compare them with the classical models.  Describe algorithms on graphs.  Define the standard notions of Information Theory.</p>	
--	--	--	---	--

		<p>grafi per varianti dei problemi analizzati nel corso. Modellare e risolvere problemi semplici della teoria delle informazioni: compressione dei dati e codifica del canale.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><b>2.1 Autonomia di giudizio</b> Stabilire se un problema può essere risolto in modo efficiente o no. Elaborare algoritmi efficienti per risolvere nuovi problemi. Introdurre vincoli per rendere un problema trattabile. Stimare le prestazioni di diversi sistemi di informazione e comunicazione.</p> <p><b>2.2 Abilità comunicative.</b> Motivare le soluzioni proposte. Spiegare quali condizioni aggiuntive potrebbero contribuire a risolvere il problema in modo più efficiente. Giustificare le scelte del modello computazionale e delle strutture dati. Spiegare i metodi di codifica e di compressione e i limiti informativi.</p> <p><b>2.3 Capacità di apprendimento</b> Trovare e sfruttare soluzioni esistenti su problemi correlati. Sfruttare nuovi strumenti per migliorare le complessità computazionali. Identificare e fornire soluzioni per problemi di teoria dell'informazione, codifica e comunicazione.</p>	<p>Present the classical results on data compression presented during the course.</p> <p><b>1.2 Applying knowledge and understanding</b> Classify languages in terms of time and space complexity. Elaborate reductions between languages. Define and implement algorithms over graphs for variants of the problems analysed in the course. Model and solve simple problems of Information Theory: data compression and channel coding.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><b>2.1 Making judgements</b> Establish whether a problem can be efficiently solved or not. Elaborate efficient algorithms for solving new problems. Eventually introduce constraints to make a problem tractable. Estimate performances of different information and communication systems.</p> <p><b>2.2 Communication skills.</b> Motivate the proposed solutions. Explain which additional conditions could help to solve the problem more efficiently. Justify the choices of the computational model and data structures. Explain coding and compression methods and information limits.</p> <p><b>2.3 Learning skills</b> Find and exploit existing solutions over related problems. Exploit new instruments for improving the computational complexities. Identify information, coding and communication problems/solutions.</p>	
--	--	---	--	--

<p>Istituzioni di logica matematica</p>	<p>MAT/01</p>	<p><b>Obiettivi Formativi Specifici.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoscere gli argomenti fondamentali ed acquisire le tecniche principali della teoria della computabilità e della teoria delle categorie.</li> <li>• Sviluppare concetti e tecniche utilizzabili sia all'interno della logica matematica che in altre parti della matematica contemporanea.</li> </ul> <p>Lo/la studente/essa dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><i>1.1. Conoscenza e capacità di comprensione</i>  Conoscere le principali nozioni di riducibilità tra insiemi di numeri naturali, la computabilità relativa, la gerarchia aritmetica, il metodo di priorità a ferite finite. Conoscere le principali nozioni di teoria delle categorie, i vari modi di formulare le proprietà universali, il formalismo e le proprietà delle aggiunzioni.</p> <p><i>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione</i>  Saper dimostrare i teoremi fondamentali della teoria della computabilità e della teoria delle categorie. Saper costruire insiemi computabilmente enumerabili con appropriate caratteristiche attraverso il metodo di priorità a ferite finite. Saper riconoscere gli aspetti categoriali in teoremi presentati in altri corsi e saper riformulare tali teoremi in modo unificante e generale tramite il linguaggio delle categorie.</p> <p><b>Capacità trasversali / soft skills</b></p> <p><i>2.1 Autonomia di giudizio</i>  Saper individuare le tecniche necessarie a risolvere problemi assegnati. Saper valutare la difficoltà di specifici problemi di teoria della computabilità e delle categorie.</p> <p><i>2.2 Abilità comunicative</i>  Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica,</p>	<p><b>Specific educational objectives.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• To know the fundamental topics and to learn the main techniques of computability theory and of category theory.</li> <li>• To develop notions and techniques which can be used both inside mathematical logic and in other areas of contemporary mathematics.</li> </ul> <p>Students should</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>1.1. Knowledge and understanding</i>  know the basic reductions between sets of natural numbers, relative computability, the arithmetical hierarchy and the priority method with finite injuries; know the basic notions of category theory, the various ways of presenting universal properties, the formalism and the properties of adjunctions.</p> <p><i>1.2 Applying knowledge and understanding</i>  be able to prove the most fundamental theorems of computability theory and of category theory; be able to construct computably enumerable sets with given properties using the finite injuries method; be able to recognize the categorical aspects of theorems presented in other courses, and to reformulate these theorems in a unifying and general way.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>2.1 Making judgements</i>  be able to isolate the techniques needed to solve a given problem; be able to assess the difficulty of specific problems in computability and category theory.</p> <p><i>2.2 Communication skills</i>  expose, verbally and in writing, an argument or a mathematical theory studied during the course; be able to</p>	<p>Corso di Logica Matematica della Laurea Triennale</p> <p>Mathematical Logic of the Laurea Triennale</p>
---	---------------	--	--	--

		<p>appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti delle teorie studiate.</p> <p><i>2.3 Capacità di apprendimento</i> Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi.</p>	<p>explain to a non-specialist audience the main features of computability and category theory.</p> <p><i>2.3 Learning skills</i> be able to read a research paper dealing with the topics of the course; carry out an autonomous bibliographic search; deal with the problems assigned, selecting the most important.</p>	
Logica per le Applicazioni	MAT/01	<p>Il corso vuole fornire un panorama del ruolo della Logica nelle sue aree d'intersezione con l'Informatica, in particolare nella Teoria dei Giochi, nella Teoria degli Automi e nell'Intelligenza Artificiale.</p> <p>Il corso è diviso in tre parti. Nella prima parte si analizzano i giochi di Ehrenfeucht. Obiettivo di questa parte è familiarizzare lo studente con la teoria dei giochi e con il concetto di strategia vincente e mostrare le applicazioni della teoria dei giochi allo studio dell'espressività della logica al prim'ordine. Nella seconda parte si considerano automi a stati finiti su parole infinite utilizzandoli per dimostrare risultati classici sulla decidibilità della logica monadica al second'ordine. Obiettivo di questa parte è familiarizzare lo studente con gli automi che leggono parole infinite e con il loro potere espressivo. Nell'ultima parte si introducono e studiano logiche per il ragionamento non monotono. Obiettivo di questa parte è di mostrare come in alcuni ambiti la logica classica risulti inadeguata e possa essere sostituita da logiche non monotone.</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><i>1.1 Conoscenza e capacità di comprensione</i> Conoscere le analogie e le differenze in potere espressivo delle logiche introdotte nel corso e essere in grado di interpretare tali logiche</p>	<p>This course aims to provide a landscape of the role of Logic in Computer Science. The course is divided into three parts. In the first part Ehrenfeucht games are analyzed. The objective here is to get the student acquainted with game theory and to the concept of winning strategy, and to show the applications of game theory to the expressive power of first order logic. In the second part, finite state automata reading infinite words are introduced and used to prove some classical results on monadic second order logic. The objective here is to get the student acquainted with automata reading infinite words and with their expressive power. In the last part, non-monotone logics are introduced and studied. The objective here is to show that there are settings where classical logic is not adequate and can be replaced by non-monotone logic.</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>1.1 Knowledge and understanding</i> To know analogies and differences in expressive power for the logics introduced in the course, and to be able to analyze such logics using games and automata. To be able to formalize non-monotone reasoning using an appropriate logic.</p> <p><i>1.2 Applying knowledge and understanding</i></p>	

		<p>utilizzando giochi ed automi. Essere in grado di formalizzare un ragionamento non monotono utilizzando una logica appropriata.</p> <p><i>1.2 Conoscenza e capacità di comprensione applicate</i></p> <p>Saper riconoscere la logica più adatta alla formalizzazione di una specifica proprietà, ed essere in grado di formalizzare correttamente tale proprietà.</p> <p>Saper dimostrare che una data proprietà non è esprimibile nella logica al prim'ordine.</p> <p><b>Capacità trasversali</b></p> <p><i>2.1 Autonomia di giudizio</i></p> <p>Saper riconoscere una formalizzazione corretta di un dato problema.</p> <p>Saper valutare quale strumento utilizzare per formalizzare uno specifico problema.</p> <p><i>2.2 Abilità comunicative.</i></p> <p>Saper comunicare le proprie intuizioni e dimostrazioni ai compagni di corso.</p> <p>Riuscire a formalizzare un problema nel modo più semplice possibile e riuscire a spiegare tale formalizzazione in modo comprensibile.</p> <p>Scrivere in modo formalmente corretto la soluzione degli esercizi.</p> <p><i>2.3 Capacità di apprendimento</i></p> <p>Essere in grado di approfondire in maniera autonoma gli argomenti trattati nel corso.</p>	<p>To be able to recognize the logic which is more suited for formalizing a specific property and to perform such a formalization correctly.</p> <p><b>Cross-sectoral Skills/ soft skills</b></p> <p><i>2.1 Making judgements</i></p> <p>To be able to recognize a correct formalization.</p> <p>To be able to evaluate which tool is more suited to solve a specific problem.</p> <p><i>2.2 Communication skills</i></p> <p>To know how to communicate the intuition behind a formalization of a problem to classmates. To formalize a problem using the simplest possible solution and to be able to explain this solution informally. To be able to write a formally correct solution of an exercise.</p> <p><i>2.3 Learning skills</i></p> <p>To be able to further develop and deepen, by independent study, the knowledge of the role of logic in computer science.</p>	
Teoria degli insiemi	MAT/01	<p>Obiettivi Formativi Specifici.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoscere gli argomenti fondamentali ed acquisire le tecniche principali della teoria degli insiemi, quali l'aritmetica cardinale, i grandi cardinali, l'assioma di Martin, gli insiemi costruibili, il forcing e i risultati di indipendenza.</li> <li>• Sviluppare concetti e tecniche utilizzabili sia all'interno della teoria degli insiemi</li> </ul>	<p>Specific educational objectives.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• To know the fundamental topics and to learn the main techniques of set theory, such as cardinal arithmetic, large cardinals, Martin's axiom, absoluteness, constructible sets, forcing and independence results.</li> <li>• To develop notions and techniques which can be used both inside set</li> </ul>	Corso di Logica Matematica della Laurea Triennale Mathematical Logic of the Laurea Triennale

		<p>che in altre parti della matematica contemporanea.</p> <p>Lo/la studente/essa dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><i>1.1. Conoscenza e capacità di comprensione</i> Conoscere lo sviluppo assiomatico della teoria degli insiemi, l'assioma di Martin, gli insiemi costruibili, il forcing, e comprendere le dimostrazioni di indipendenza.</p> <p><i>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione</i> Saper dimostrare i teoremi fondamentali della teoria degli insiemi. Saper giustificare risultati di non dimostrabilità attraverso l'uso di appropriati modelli interni alla teoria degli insiemi.</p> <p><b>Capacità trasversali / soft skills</b></p> <p><i>2.1 Autonomia di giudizio</i> Saper individuare le tecniche necessarie a risolvere problemi assegnati. Saper valutare la difficoltà di specifici problemi di teoria degli insiemi.</p> <p><i>2.2 Abilità comunicative</i> Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria degli insiemi.</p> <p><i>2.3 Capacità di apprendimento</i> Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi.</p>	<p>theory and in other areas of contemporary mathematics.</p> <p>Students should</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>1.1. Knowledge and understanding</i> know the axiomatic development of set theory, Martin's axioms, constructible sets, forcing and understand independence proofs.</p> <p><i>1.2 Applying knowledge and understanding</i> be able to prove the most fundamental theorems of set theory; be able to explain the improvability of a statement by using appropriate inner models.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/Soft skills</b></p> <p><i>2.1 Making judgements</i> be able to isolate the techniques needed to solve a given problem; be able to assess the difficulty of specific problems in set theory.</p> <p><i>2.2 Communication skills</i> expose, verbally and in writing, an argument or a mathematical theory studied during the course; be able to explain to a nonspecialist audience the main features of set theory.</p> <p><i>2.3 Learning skills</i> be able to read a research paper dealing with the topics of the course; carry out an autonomous bibliographic search; deal with the problems assigned, selecting the most important.</p>	
Teoria generale dei Sistemi Dinamici	MAT/01	Il corso si propone di fornire una trattazione e un panorama quanto più possibile ampi della teoria dei sistemi dinamici. Si ripromette di fornire un linguaggio generale e preciso, adatto ai molteplici aspetti della disciplina, nonché di fornire gli strumenti di base in modo rigoroso e applicabile a problemi concreti, spesso nascenti	The student will learn the basic aspects of the theory of dynamical systems. He will learn to formalize and treat problems arising in the theory, and from other areas of mathematics. He will have to present some course topic. He will have to study in an autonomous and creative way.	Primo biennio della Laurea Triennale

		<p>da altre aree della matematica. Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b> <i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere la teoria ergodica classica e alcune linee di sviluppo della teoria moderna. Saper vedere i collegamenti con altre aree della matematica. Saper utilizzare un linguaggio preciso e rigoroso.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper formalizzare problemi che nascono sia dalla disciplina in sé, sia da altre aree della matematica. Saper risolvere tali problemi tramite gli strumenti appresi o, eventualmente, in modo creativo.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b> <i>Autonomia di giudizio:</i> Saper pensare in modo critico. Saper individuare i problemi, e saper distinguere le difficoltà profonde dalle difficoltà meramente tecniche.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso. Saper presentare gli aspetti della teoria e qualche sua applicazione. Saper utilizzare, per i problemi a cui si prestano, strumenti moderni di calcolo e di visualizzazione.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Riuscire a leggere un articolo di ricerca. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica e tramite la rete. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi</p>		
Algebra superiore I	MAT/02	Lo scopo del corso è fornire una introduzione classica ad uno degli aspetti fondamentali dell'algebra contemporanea come teoria dei	The purpose of the course is to provide an introduction to one of the fundamental topics of contemporary algebra such as group	Primo biennio della Laurea Triennale

	<p>gruppi, rappresentazioni, algebre di Lie, gruppi algebrici. Uno scopo primario del corso è lo sviluppo di tecniche di tipo algebrico-geometriche, apprese nei corsi fondamentali, nello studio di problemi algebrici.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali dell'algebra contemporanea.</p> <p>Conoscere alcuni problemi moderni in algebra, rilevandone le difficoltà.</p> <p>Saper utilizzare un linguaggio moderno nella formulazione di problemi algebrici.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Saper affrontare e risolvere con linguaggio moderno o elementare alcuni problemi classici dell'algebra contemporanea.</p> <p>Saper individuare relazioni tra questioni algebriche e problemi o teorie di ambito diverso.</p> <p>Saper risolvere problemi algebrici anche al di fuori di quelli specificamente trattati nel corso.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>Saper individuare le tecniche algebriche o geometriche più adatte nel risolvere problemi assegnati.</p> <p>Saper valutare la difficoltà di problemi algebrici specifici.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p> <p>Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso.</p> <p>Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica e qualche problema moderno nell'algebra contemporanea.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i></p>	<p>theory, representations, Lie algebras, algebraic groups, etc. A primary goal of the course is to develop algebraic-geometric machineries, learnt in the basic courses, to the study of algebraic questions.</p> <p>The student shall:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i></p> <p>Be acquainted with some modern questions in algebra, detecting the difficulties.</p> <p>Be able to use a modern language whilst formulating algebraic problems.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i></p> <p>Be able to cope and solve with a modern or elementary language some classical problems of contemporary algebra.</p> <p>Be able to detect interrelations between algebraic questions and problems arising from other areas.</p> <p>Be able to solve specific problems even if they are not included in those specifically discussed in the course.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making Judgements:</i></p> <p>Be able to detect the algebraic-geometric techniques best suitable to solve the assigned questions.</p> <p>Be able to evaluate the difficulties of specific algebraic questions.</p> <p><i>Communication skills:</i></p> <p>Be able to expose, orally or in a written text, an argument, or a mathematical theory, learnt in the course.</p> <p>Be able to expose to a non-specialist audience the main aspects of the classical theory and some modern question in contemporary algebra.</p> <p><i>Learning skills:</i></p>	
--	--	---	--

		<p>Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi.</p>	<p>Be able to read an article in the specific topics treated in the course. Be able to work autonomously in bibliographic research. Be able to cope with the proposed questions, selecting autonomously the most significant ones.</p>	
Algebra superiore II	MAT/02	<p>Lo scopo del corso è fornire una introduzione classica ad uno degli aspetti fondamentali dell'algebra contemporanea come teoria dei gruppi, rappresentazioni, algebre di Lie, gruppi algebrici. Uno scopo primario del corso è lo sviluppo di tecniche di tipo algebrico-geometriche, apprese nei corsi fondamentali, nello studio di problemi algebrici. Lo studente dovrà: <b>Capacità relative alla disciplina</b> <i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali dell'algebra contemporanea. Conoscere alcuni problemi moderni in algebra, rilevandone le difficoltà. Saper utilizzare un linguaggio moderno nella formulazione di problemi algebrici. <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper affrontare e risolvere con linguaggio moderno o elementare alcuni problemi classici dell'algebra contemporanea. Saper individuare relazioni tra questioni algebriche e problemi o teorie di ambito diverso. Saper risolvere problemi algebrici anche al di fuori di quelli specificamente trattati nel corso. <b>Capacità trasversali/soft skills</b> <i>Autonomia di giudizio:</i> Saper individuare le tecniche algebriche o geometriche più adatte nel risolvere problemi assegnati.</p>	<p>The purpose of the course is to provide an introduction to one of the fundamental topics of contemporary algebra such as group theory, representations, Lie algebras, algebraic groups, etc. A primary goal of the course is to develop algebraic-geometric machineries, learnt in the basic courses, to the study of algebraic questions. The student shall: <b>Sector-specific skills</b> <i>Knowledge and understanding:</i> Be acquainted with some modern questions in algebra, detecting the difficulties. Be able to use a modern language whilst formulating algebraic problems. <i>Applying knowledge and understanding:</i> Be able to cope and solve with a modern or elementary language some classical problems of contemporary algebra. Be able to detect interrelations between algebraic questions and problems arising from other areas. Be able to solve specific problems even if they are not included in those specifically discussed in the course. <b>Cross-sectoral skills/soft skills</b> <i>Making Judgements:</i> Be able to detect the algebraic-geometric techniques best suitable to solve the assigned questions.</p>	Primo biennio della Laurea Triennale

		<p>Saper valutare la difficoltà di problemi algebrici specifici.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso.</p> <p>Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica e qualche problema moderno nell'algebra contemporanea.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi.</p>	<p>Be able to evaluate the difficulties of specific algebraic questions.</p> <p><i>Communication skills:</i> Be able to expose, orally or in a written text, an argument, or a mathematical theory, learnt in the course.</p> <p>Be able to expose to a non-specialist audience the main aspects of the classical theory and some modern question in contemporary algebra.</p> <p><i>Learning skills:</i> Be able to read an article in the specific topics treated in the course.</p> <p>Be able to work autonomously in bibliographic research.</p> <p>Be able to cope with the proposed questions, selecting autonomously the most significant ones.</p>	
Entropia e sistemi dinamici	MAT/02	<p>L'insegnamento tratta argomenti classici di teoria geometrica dei gruppi ed i sistemi dinamici di origine algebrica, con particolare attenzione all'entropia ed alla crescita di endomorfismi gruppali sia nel caso discreto sia nel caso topologico.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Conoscenze relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere e comprendere concetti e risultati fondamentali di teoria geometrica dei gruppi. Conoscere e comprendere concetti e risultati attuali riguardanti i sistemi dinamici di origine algebrica e le loro entropie. Conoscere problemi moderni relativi alla teoria trattata nell'insegnamento, rilevandone le difficoltà.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Applicare la teoria imparata per risolvere gli</p>	<p>The course treats classical topics of geometric group theory and dynamical systems of algebraic origin, with particular attention to entropy and growth of group endomorphisms, both in the discrete and in the topological case.</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i> Understand and know the basic concepts and the fundamental results of geometric group theory. Understand and know the recent results regarding algebraic dynamical systems and their entropies. Know the modern problems related to the theory treated in the course.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i> Apply the learned theory to solve the proposed exercises and analogous problems. Identify the relationships between the theory</p>	Primo biennio della Laurea Triennale

		<p>esercizi proposti e problemi analoghi anche al di fuori di quelli specificamente trattati nell'insegnamento.</p> <p>Individuare relazioni tra la teoria trattata nell'insegnamento e problemi o teorie di ambito diverso.</p> <p><b>Conoscenze trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Individuare le tecniche algebriche più adatte per la risoluzione dei problemi assegnati. Valutare la difficoltà di problemi specifici nella teoria geometrica dei gruppi e riguardanti l'entropia algebrica. Giudicare autonomamente la correttezza delle dimostrazioni anche in articoli di ricerca nell'ambito trattato nell'insegnamento.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare in modo chiaro e logico gli argomenti appresi nell'insegnamento. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica e qualche problema attuale.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Studiare in maniera autonoma, a partire dalla bibliografia consigliata.</p>	<p>treated in the course and the problems or theories in different fields.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgments:</i> Find the most suitable algebraic techniques to solve the assigned problems. Evaluate the difficulty of specific problems in geometric group theory and regarding the algebraic entropy. Judge independently the correctness of the proofs even in research articles in the field of the course.</p> <p><i>Communication skills:</i> Introduce clearly and logically the topics learned in the course. Be able to present to a non-specialist public the fundamental aspects of the classical theory and some modern problems.</p> <p><i>Learning skills:</i> Be able to read a research article in the specific field of the course. Work autonomously in bibliographic research. Study independently, starting from the recommended bibliography.</p>	
Topologia I	MAT/02	<p>Il corso fornisce un'introduzione classica agli aspetti fondamentali della topologia generale: teoria degli spazi metrici e topologici, con particolare attenzione ai concetti di compattezza, connessione, metrizzazione e dimensione, con applicazioni ai sistemi dinamici. Uno scopo primario del corso è lo sviluppo di tecniche di tipo topologico, insiemistico e/o geometrico, apprese nei corsi fondamentali,</p>	<p>The aim of the course is to introduce the student to the topological structures related to algebra, as topological groups and rings and function spaces; illustrate the connections to other areas, as Logic, Algebra, Geometry, Analysis, Computer Science, Dynamical Systems, etc.</p>	Primo biennio della Laurea Triennale

	<p>nello studio di problemi topologici. Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b> <i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali di topologia generale e dinamica topologica. Conoscere alcuni problemi moderni in topologia, rilevandone le difficoltà. Saper utilizzare un linguaggio moderno nella formulazione di problemi topologici</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper affrontare e risolvere con linguaggio moderno o elementare alcuni problemi classici della topologia. Saper individuare relazioni tra questioni topologici e problemi o teorie di ambito diverso Saper risolvere problemi topologici anche al di fuori di quelli specificamente trattati nel corso</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b> <i>Autonomia di giudizio:</i> Saper individuare le tecniche insiemistiche, analitiche o geometriche più adatte nel risolvere problemi assegnati. Saper valutare la difficoltà di problemi topologici specifici.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria nell'ambito della topologia generale e la dinamica topologica, appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica e qualche problema moderno della topologia generale e le dinamica topologica.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica.</p>		
--	--	--	--

		Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi.		
Topologia II	MAT/02	<p>Il corso fornisce un'introduzione classica agli aspetti fondamentali dell'algebra topologica: teoria dei gruppi topologici, con particolare attenzione alla dualità di Pontryagin e le applicazioni all'analisi funzionale, alla teoria dei numeri e ai sistemi dinamici. Uno scopo primario del corso è lo sviluppo di tecniche di tipo algebrico, topologico e analitico, apprese nei corsi fondamentali, nello studio di problemi dell'algebra topologica.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b>  <i>Conoscenza e comprensione:</i>  Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali dell'algebra topologica. Conoscere alcuni problemi moderni in algebra topologica, rilevandone le difficoltà. Saper utilizzare un linguaggio moderno nella formulazione di problemi dell'algebra topologica.  <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>  Saper affrontare e risolvere con linguaggio moderno o elementare alcuni problemi tipici dell'algebra topologica. Saper individuare relazioni tra questioni dell'algebra topologica e problemi o teorie di ambito diverso. Saper risolvere problemi dell'algebra topologica anche al di fuori di quelli specificamente trattati nel corso.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b>  <i>Autonomia di giudizio:</i>  Saper individuare le tecniche algebriche, topologiche e analitiche più adatte nel risolvere problemi assegnati.  Saper valutare la difficoltà di problemi dell'algebra topologica specifici.</p>	The aim of the course is to introduce the student to the topological structures related to algebra, as topological groups and rings and function spaces; illustrate the connections to other areas, as Logic, Algebra, Geometry, Analysis, Computer Science, Dynamical Systems, etc.	Primo biennio della Laurea Triennale

		<p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria nell'ambito della topologia generale e la dinamica topologica, appreso durante il corso.</p> <p>Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica e qualche problema moderno dell'algebra topologica.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato.</p> <p>Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi</p>		
Geometria algebrica I	MAT/03	<p>Il corso intende introdurre i concetti elementari della geometria algebrica quali quelli di varietà affine, di varietà proiettiva, di ideale di una varietà, di morfismo tra varietà affini o proiettive e di applicazione birazionale tra due varietà affini o proiettive. Dove necessario, si intende presentare i concetti basilari dell'algebra commutativa da usare in geometria algebrica, quali il teorema degli zeri di Hilbert, proprietà elementari dei moduli su un anello, funzione di Hilbert.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali della teoria presentata. Conoscere alcuni problemi classici di geometria algebrica, rilevandone le difficoltà. Saper utilizzare un linguaggio classico nella formulazione di problemi di geometria algebrica.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper affrontare e risolvere con linguaggio</p>	<p>The aim of the course is to introduce the elementary concepts of Algebraic Geometry such as affine varieties, projective varieties, ideal of a variety, morphism of affine or projective varieties and bi-rational morphism of two affine or projective varieties. When necessary, there will be presented the basic concepts of Commutative Algebra to be used in Algebraic Geometry, such as Hilbert Nullstellensatz, elementary properties of modules over a ring, Hilbert function.</p> <p>The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i> To know some basic concepts and results of the course. To know some problems of classical algebraic geometry, recognizing their difficulty. To know how to use the classical language in formulating algebraic geometry problems.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i></p>	<p>Primo biennio della Laurea Triennale</p> <p>first two years of first-level degree in Mathematics</p>

		<p>classico alcuni problemi classici della geometria algebrica</p> <p>Saper individuare relazioni tra questioni di geometria algebrica e problemi o teorie di ambito diverso</p> <p>Saper risolvere problemi anche al di fuori di quelli specificamente trattati nel corso</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>Saper individuare le tecniche analitiche, algebriche o geometriche più adatte nel risolvere problemi assegnati.</p> <p>Saper valutare la difficoltà di problemi di geometria algebrica specifici.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p> <p>Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso.</p> <p>Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica della geometria algebrica proiettiva.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i></p> <p>Riuscire a leggere un libro a livello di dottorato di ricerca nello specifico ambito trattato.</p> <p>Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica</p> <p>Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi</p>	<p>To know how to deal with and solve with classical language some classical problems of algebraic geometry.</p> <p>To find relationships between issues of algebraic geometry and problems or theories in different fields.</p> <p>To know how to solve problems beyond those discussed during the course</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgements:</i></p> <p>To know how to find the most appropriate analytical, algebraic, or geometric techniques in solving assigned problems.</p> <p>To address the difficulty of specific problems in algebraic geometry.</p> <p><i>Communication skills:</i></p> <p>To introduce, orally and in writing, a subject, or a mathematical theory, learned during the course.</p> <p>Being able to present to a non-specialist public the salient aspects of classical theory of projective algebraic geometry.</p> <p><i>Learning skills:</i></p> <p>to be able to read a graduate degree book in the fields covered by the course.</p> <p>To work independently in literature search.</p> <p>To address the proposed problems by selecting independently the most meaningful ones.</p>	
Geometria algebrica II	MAT/03	<p>Il corso intende approfondire alcuni aspetti della geometria algebrica contemporanea quali ad esempio una conoscenza delle tecniche elementari della teoria degli schemi oppure della teoria delle superficie razionali oppure della teoria delle varietà abeliane oppure alcuni aspetti specifici della teoria delle curve</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p>	<p>The aim of the course is to deepen some specific aspects of contemporary Algebraic Geometry such a knowledge of the elementary techniques of the theory of schemes, or the theory of rational surfaces, or the theory of abelian varieties or some specific aspects of the theory of the curves.</p> <p>The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p>	<p>Primo biennio della Laurea Triennale</p> <p>First two years of first-level degree in Mathematics</p>

	<p><i>Conoscenza e comprensione:</i>  Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali della teoria presentata. Conoscere alcuni problemi moderni di geometria algebrica, rilevandone le difficoltà. Saper utilizzare un linguaggio moderno nella formulazione di problemi di geometria algebrica.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>  Saper affrontare e risolvere con linguaggio moderno o elementare alcuni problemi classici della geometria algebrica. Saper individuare relazioni tra questioni di geometria algebrica e problemi o teorie di ambito diverso. Saper risolvere problemi anche al di fuori di quelli specificamente trattati nel corso.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i>  Saper individuare le tecniche analitiche, algebriche o geometriche più adatte nel risolvere problemi assegnati.  Saper valutare la difficoltà di problemi di geometria algebrica specifici.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i>  Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso.  Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica e qualche problema moderno di geometria algebrica proiettiva.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i>  Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato.  Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica  Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi</p>	<p><i>Knowledge and understanding:</i>  To know some basic concepts and results of the course.  To know some modern problems of algebraic geometry, recognizing their difficulty.  To know how to use the modern language in formulating algebraic geometry problems.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i>  To know how to deal with and solve with modern or elementary language some classical problems of algebraic geometry.  To find relationships between issues of algebraic geometry and problems or theories in different fields.  To know how to solve problems beyond those discussed during the course</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgements:</i>  To know how to find the most appropriate analytical, algebraic, or geometric techniques in solving assigned problems.  To address the difficulty of specific problems in algebraic geometry.</p> <p><i>Communication skills:</i>  To introduce, orally and in writing, a subject, or a mathematical theory, learned during the course.  Being able to present to a non-specialist public the salient aspects of classical theory and some modern problem of projective algebraic geometry.</p> <p><i>Learning skills:</i>  to be able to read a research paper in the fields covered by the course.  To work independently in literature search.  To address the proposed problems by selecting independently the most meaningful ones.</p>	
--	--	---	--

Geometria superiore	MAT/03	<p>Il corso tratta aspetti della geometria delle varietà di Riemann, che si prestano anche ad una formalizzazione di esse per mezzo di tecniche dell'algebra omologica moderna. Si propone di introdurre lo studente all' uso di alcune tecniche particolarmente astratte utilizzate nella ricerca attuale.</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i>          Conoscere i concetti di base della geometria delle varietà complesse.          Conoscere i concetti fondamentali della geometria Riemanniana nella loro interazione con la classe delle varietà proiettive.          Saper utilizzare il linguaggio delle forme differenziali e dei fibrati vettoriali nel caso delle varietà complesse.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>          Saper affrontare e risolvere alcuni problemi classici della geometria algebrica in dimensione bassa mediante il linguaggio della geometria differenziale complessa.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i>          Saper individuare le tecniche algebro-geometriche e di geometria differenziale più adatte nel risolvere problemi assegnati.          Saper riconoscere la natura della dipendenza della struttura complessa di molte costruzioni utilizzate.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i>          Redigere autonomamente delle dimostrazioni matematiche.          Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i></p>	<p>We present some topics of Riemannian Geometry, which can be formalized by the techniques of modern homological algebra. We introduce some abstract techniques used in modern research.</p> <p>We expect the student:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and Understanding :</i>          To understand basic complex geometry          To understand those basic topics of Riemann geometry useful to study the class of projective varieties.          To use the language of differential forms and of vector bundles in the case of complex varieties.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i>          To be able to tackle with classical problems of low dimensional algebraic geometry by the methods of complex geometry.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/Soft skills</b></p> <p><i>Making judgements:</i>          To be able to select the techniques of algebraic-geometry and of differential geometry suitable to solve the assigned problems.          To be able to understand the dependence from the complex structure of many of the construction presented in the course.</p> <p><i>Communications Skills:</i>          To be able to write a correct mathematical proof without any help; to be able to explain at the blackboard an argument or a mathematical theory learned in the course.</p> <p><i>Learning skills:</i>          To be able to study on the recommended bibliography and to be able to solve in due time the proposed problems.</p>	Laurea triennale
---------------------	--------	---	---	------------------

		Studiare in maniera autonoma, a partire dalla bibliografia consigliata. Affrontare e risolvere i problemi proposti, in un tempo ragionevole.		
Teoria dei numeri	MAT/03	<p>Il corso è fornire una introduzione classica ad uno degli aspetti fondamentali della teoria dei numeri: le equazioni diofantee, l'approssimazione diofantea e la trascendenza, la teoria analitica dei numeri, oppure la teoria algebrica. Uno scopo primario del corso è lo sviluppo di tecniche di tipo algebrico, analitico e/o geometrico, apprese nei corsi fondamentali, nello studio di problemi aritmetici.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i>  Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali di teoria dei numeri  Conoscere alcuni problemi moderni in teoria dei numeri, rilevandone le difficoltà  Saper utilizzare un linguaggio moderno nella formulazione di problemi aritmetici</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>  Saper affrontare e risolvere con linguaggio moderno o elementare alcuni problemi classici della teoria dei numeri  Saper individuare relazioni tra questioni aritmetiche e problemi o teorie di ambito diverso  Saper risolvere problemi aritmetici anche al di fuori di quelli specificamente trattati nel corso</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i>  Saper individuare le tecniche analitiche, algebriche o geometriche più adatte nel risolvere problemi assegnati.</p>	<p>The student will learn how to use in arithmetical contexts his abilities in analysis, algebra and geometry, acquired during the first years of his studies.</p> <p>He will learn the classical results in analytic number theory, obtained by Euler, Gauss, Lagrange, Riemann, Dirichlet, up to a complete proof of the Prime Number Theorem, hence learning to apply the theory of Fourier transform to concrete problems.</p> <p>He will be able to attack some arithmetic problems that can be solved by making use of sieve methods or the analytic study of zeta, L or theta functions</p> <p>In general, he will be able to detect the links between arithmetical problems and questions or theories of different nature.</p> <p>In addition, the student will become acquainted with some open problems and conjectures, which will be discussed in order to show their difficulty and their relationships with other mathematical problems.</p>	Primo biennio della Laurea Triennale

		<p>Saper valutare la difficoltà di problemi aritmetici specifici.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso.</p> <p>Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica e qualche problema moderno nella teoria dei numeri analitica, algebrica o diofantea.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato.</p> <p>Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica</p> <p>Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi</p>		
Topologia algebrica	MAT/03	<p>Lo studente dovrà acquisire conoscenze nella topologia algebrica, dovrà esser in grado di comunicare abilmente tali conoscenze, acquisite per mezzo di un lavoro individuale incentrato su una meditazione costante sui contenuti presentati dal docente a lezione. Saranno altresì organizzate circa 30 ore di seminario, da tenersi nel semestre successivo, dedicate all'approfondimento delle conoscenze acquisite, per mezzo di incontri seminariali organizzati dal docente. L'esame è mirato ad accertare che l'apprendimento dei contenuti presentati nel corso non consista in una superficiale quanto inutile e dannosa memorizzazione degli stessi, ma in una capacità di utilizzare le teorie presentate al fine di risolvere esercizi non banali o alla produzione di interessanti costruzioni topologiche.</p> <p>Un secondo obiettivo dell'esame orale, della durata media di un'ora e 45 minuti per ciascun allievo, consiste nel consolidamento delle abilità</p>	<p>The student will have to obtain the basics of algebraic topology. He should become able to present neatly his understandings. This, on average, is possible only after a hard and unavoidable individual meditation on the contents presented on the blackboard by the teacher. A seminar of approximately 30 hours will be organized to deepen and to extend the content presented in the course.</p> <p>The exam is meant to establish whether the student has understood the theory and not merely to check his capability of memorizing mathematical proofs; this last activity is detrimental to the developing of mathematical skills. On the contrary, the aim is focused to help using the learned techniques to solve interesting mathematical problems or to construct non-trivial topological objects.</p> <p>Moreover, the exam is meant to help the student to strengthen his ability to</p>	<p>Geometria I, Geometria II, Analisi I, Analisi II e Algebra I. Geometry I, Geometry II, Analysis I, Analysis II and Algebra I.</p>

		comunicative del discente e il perfezionamento delle sue capacità di organizzare una comunicazione efficace dei contenuti studiati.	communicate and to present in an effective way the contents he has learned.	
Fondamenti della matematica	MAT/04	<p>Il corso tratta uno o più dei seguenti argomenti: Sistemi classici e costruttivi per l'Aritmetica e la Teoria degli Insiemi e loro relazioni. La fondazione insiemistica della matematica La crisi dei fondamenti, il programma di Hilbert e i teoremi di incompletezza di Goedel. Matematica senza infinito e matematica dell'infinito. Risultati di coerenza e di indipendenza.</p> <p>Obiettivo del corso è di fornire una buona conoscenza delle possibilità di definire e sviluppare le nozioni e strutture matematiche fondamentali, e di analizzarle criticamente, alla luce delle principali acquisizioni logico-matematiche del novecento.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Saper individuare ed applicare i metodi e le tecniche apprese durante il corso per trattare problematiche di carattere filosofico/fondazionale.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare e discutere a voce gli argomenti trattati nel corso.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Studiare in maniera autonoma, a partire dalle dispense del corso e dalla bibliografia di riferimento</p>	<p>The course deals with one or more of the following topics: classical and constructive systems for Arithmetic and Set Theory and their relationships. The set theoretic foundation of Mathematics and the foundational crises; Hilbert's programme and Godel's incompleteness theorems. Mathematics without infinity and Mathematics of the infinity. Consistency and independence results.</p> <p>The purpose of the course is to provide a good knowledge of the possibility of defining and developing the fundamental mathematical notions and structures for a critical analysis, based on the principal results of nineteenth century mathematical logic.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgements:</i> To select and apply the methods and techniques learned in the course in order to deal with philosophical/foundational issues</p> <p><i>Communication skills:</i> To verbally discuss the topics dealt with in the course</p> <p><i>Learning skills:</i> Self- study, based on the notes and the bibliography provided in the course</p>	
Matematiche complementari	MAT/04	<p>Obiettivi Formativi Specifici.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Acquisire una prospettiva moderna e avanzata su alcuni argomenti che sono alla base della matematica insegnata nelle scuole superiori allo scopo di fornire i futuri insegnanti di solide basi teoriche riguardo a ciò che insegneranno</li> </ul>	<p>Specific educational objectives.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>To acquire a modern and advanced viewpoint on some topics taught at the high school level, with the goal of giving prospective teachers sound theoretical basis on topics they are going to teach.</li> </ul>	Primo biennio della Laurea Triennale First and second year of the Laurea Triennale

- Sviluppare l'assiomatica della geometria piana giungendo ad una familiarità con le problematiche relative alla geometria neutrale (o assoluta), alla geometria euclidea e alla geometria non-euclidea e ad una capacità di lavorare con i loro vari modelli.

Lo/la studente/essa dovrà:

**Capacità relative alle discipline**

*1.1. Conoscenza e capacità di comprensione*

Conoscere lo sviluppo assiomatico della geometria piana. Comprendere le relazioni tra i vari assiomi e la loro indipendenza, testimoniata dai vari modelli.

*1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione*

Saper dimostrare i teoremi fondamentali della geometria piana nel contesto assiomatico appropriato. Saper giustificare tramite l'esibizione di modelli appropriati la non dimostrabilità di un risultato sulla base di una collezione ridotta di assiomi.

**Capacità trasversali / soft skills**

*2.1 Autonomia di giudizio* Saper individuare gli assiomi necessari a risolvere problemi assegnati. Saper valutare la difficoltà di problemi di geometria piana specifici.

*2.2 Abilità comunicative* Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della geometria.

*2.3 Capacità di apprendimento* Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi.

- To develop axiomatics of plane geometry, reaching familiarity with problems concerning neutral (aka absolute) geometry, euclidean geometry and non-euclidean geometry, including the ability to work with their models.

Students should

**Sector-specific skills**

*1.1. Knowledge and understanding* know the axiomatic development of plane geometry; understand the relationships and the mutual independence between different axioms, as witnessed by various models.

*1.2 Applying knowledge and understanding* be able to prove the most fundamental theorems of plane geometry in the appropriate axiom system; be able to explain the improvability of a statement on the basis of a reduced set of axioms by using appropriate models.

**Cross-sectoral skills/Soft skills**

*2.1 Making judgements* be able to isolate the axioms needed to solve a given problem; be able to assess the difficulty of specific problems in plane geometry.

*2.2 Communication skills* expose, verbally and in writing, an argument or a mathematical theory studied during the course; be able to explain to a non-specialist audience the main features of plane geometry.

*2.3 Learning skills* be able to read a research paper dealing with the topics of the course; carry out an autonomous bibliographic search; deal with the problems assigned, selecting the most important.

<p>Analisi superiore</p>	<p>MAT/05</p>	<p>Il corso vuole introdurre gli studenti a uno o più dei filoni dell'analisi matematica che si sono sviluppati dalla fine dell'ottocento in poi. L'analisi moderna ha un grande valore culturale intrinseco, si presta a numerose applicazioni, ed è prerequisito naturale per chi volesse proseguire gli studi di matematica. Argomenti tipici fra cui scegliere possono essere: introduzione o approfondimenti della teoria della misura, dell'analisi funzionale, del calcolo delle variazioni, delle equazioni differenziali alle derivate parziali, dei sistemi dinamici e dell'analisi armonica.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere i concetti fondamentali presentati nel corso.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper applicare gli elementi teorici presentati nella risoluzione di problemi specifici, come ad esempio problemi di massimo e/o minimo, equazioni differenziali ordinarie o alle derivate parziali.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Saper individuare le tecniche più adatte nel risolvere problemi assegnati o applicativi, anche fuori dal contesto specifico dell'analisi.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Redigere autonomamente delle dimostrazioni matematiche. Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appresi durante il corso.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Studiare in maniera autonoma, a partire dalla</p>	<p>The course intends to introduce the students to one or more of the Mathematical Analysis fields that have developed since the end of the nineteenth century. Modern analysis has a great intrinsic cultural value, lends itself to many applications, and is a natural prerequisite for those who want to continue math studies. Typical topics to choose from can be: introduction or insights into measure theory, functional analysis, calculus of variations, ordinary and partial differential equations, dynamical systems, and harmonic analysis.</p> <p>The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i> Know the basic concepts presented in the course.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i> Know how to apply the theoretical elements in the resolution of specific problems, such as maximum and / or minimum problems, ordinary or partial differential equations.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgments:</i> Know how to locate the most appropriate techniques in solving assigned problems or applications, even outside the specific context of the field of mathematical analysis.</p> <p><i>Communication Skills:</i> Self-compiling mathematical proofs; introduce, in an oral and written way, a subject, or a mathematical theory, from those learned when attending the course.</p> <p><i>Learning skills:</i> Study independently, starting with the recommended bibliography.</p>	<p>Istituzioni di Analisi Superiore I parte</p>
--------------------------	---------------	---	---	---

		<p>bibliografia consigliata. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi.</p>	<p>Address the proposed problems by selecting the most meaningful ones independently.</p>	
<p>Complementi di Analisi Matematica</p>	<p>MAT/05</p>	<p>Il corso intende coltivare negli studenti le capacità di modellizzazione matematica dei fenomeni naturali governati dalle PDE e dal Calcolo delle Variazioni, le abilità nel cogliere gli aspetti qualitativi dei problemi e le abilità risolutive. Particolare risalto viene dato ai problemi dell'equilibrio elastico e delle strutture.</p>	<p>The course intends to educate students on the mathematical modeling capabilities of natural phenomena governed by PDEs and Variation Calculation, skills to recognize qualitative aspects of problems and abilities in their resolution. Particular emphasis is given to elastic equilibrium problems and structures.</p>	
<p>Teoria qualitativa dei sistemi dinamici</p>	<p>MAT/05</p>	<p>Il corso vuole introdurre gli studenti a diversi aspetti della teoria dei sistemi dinamici continui e discreti utilizzando metodi di tipo topologico e analitico con applicazioni alla teoria qualitativa delle equazioni differenziali negli spazi di dimensione finita e sulle varietà. In particolare, verranno considerate proprietà fondamentali relative allo studio dei punti di equilibrio e delle orbite periodiche, nonché la loro stabilità o instabilità e la possibile presenza di dinamiche complesse (caos deterministico). Durante il corso verranno altresì introdotti e sviluppati alcuni importanti metodi topologici di analisi non lineare, relativi alla teoria dei punti fissi e delle loro applicazioni, in modo che lo studente interessato possa acquisire degli utili strumenti per affrontare problemi di ricerca di interesse attuale. Lo studente dovrà: <b>Capacità relative alla disciplina</b> <i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere e comprendere i concetti fondamentali presentati nel corso. <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper applicare gli elementi teorici presentati nel corso nella risoluzione di problemi specifici</p>	<p>The aim of the course is to introduce students to different aspects of the theory of continuous and discrete dynamical systems using topological and analytical methods, with applications to the qualitative theory of differential equations in finite dimensional spaces and manifolds. In particular, during the course, some fundamental properties will be presented about equilibrium points and periodic orbits as well as their stability or instability. Moreover, the possible presence of complex dynamics (deterministic chaos) will be investigated. During the course, some important topological methods of nonlinear analysis of fixed-point theory and their applications will be introduced and developed so that the interested student can acquire useful tools to address current research issues. The student will have to: <b>Sector-specific skills</b> <i>Knowledge and understanding</i> Know and understand the fundamental concepts presented in the course. <i>Applying knowledge and understanding</i> Know how to apply the theoretical elements presented in the course for the solution of</p>	

		<p>attinenti modelli matematici basati sulle equazioni differenziali.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Saper individuare le tecniche più adatte per affrontare alcuni problemi assegnati di tipo teorico o applicativo.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Essere in grado di sviluppare autonomamente delle dimostrazioni matematiche basate sulle tecniche apprese durante il corso. Presentare, a voce e per iscritto un argomento appreso durante il corso, o anche un argomento nuovo sotto forma di seminario o breve relazione.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Studiare in maniera autonoma, riorganizzando in modo produttivo gli appunti presi a lezione, utilizzando la bibliografia consigliata, facendo ricerche, mediante le banche dati, su autori ed argomenti segnalati nel corso. Affrontare eventuali esercizi e problemi proposti, individuando anche in modo autonomo possibili temi di ricerca, ad esempio in vista di una possibile tesi.</p>	<p>specific problems related to mathematical models based on differential equations.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgements</i> Know how to identify the most appropriate techniques for dealing with certain theoretical or applicative problems.</p> <p><i>Communication skills</i> Being able to independently develop mathematical demonstrations based on techniques learned during the course. Introduce, in oral or written form, a topic learned during the course, or even a new topic in the form of a seminar or short report.</p> <p><i>Learning skills</i> Study independently, by reorganizing the notes taken at the lessons, using the recommended bibliography; be able to search through databases, authors and topics reported in the course. To face possible exercises and problems, individually identifying possible research topics, for example in view of a possible thesis.</p>	
Fisica Matematica	MAT/07	<p>Fornire agli studenti le basi classiche della teoria con cui vengono attualmente descritti i costituenti elementari della materia e le loro interazioni. Il corso risulterà utile per chi è interessato alla fisica contemporanea, e contiene applicazioni significative di idee sviluppate in corsi di geometria differenziale. Nel corso viene trattato un argomento scelto tra i numerosi temi caratterizzanti la fisica matematica moderna (teoria dei campi; teoria della gravitazione; meccanica statistica e teoria cinetica; meccanica analitica avanzata;</p>	<p>Give students the classical bases of the theory currently used to describe the elementary building blocks of matter and their interactions. The course will be useful for those interested in contemporary physics, and contains remarkable applications of ideas developed in courses on differential geometry.</p>	<p>Fisica generale; fisica moderna; meccanica razionale. Conoscenze basilari di geometria differenziale. General physics; modern physics; rational mechanics. Basic notions of</p>

		<p>meccanica quantistica; ...). L'obiettivo è di fornire agli studenti alcune tecniche con un ampio campo di applicabilità, oltre a una più robusta formazione culturale nelle discipline fisiche e matematiche.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Conoscenze relative alle discipline</b>  <i>Conoscenza e comprensione:</i>          Conoscere la formulazione matematicamente rigorosa di una teoria fisica di importanza fondamentale.  <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>          Saper leggere e comprendere la letteratura contemporanea relativa all'argomento trattato nel corso.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b>  <i>Autonomia di giudizio:</i>          Riconoscere la rilevanza degli argomenti trattati nel contesto più ampio della fisica matematica contemporanea.  <i>Abilità comunicative:</i>          Presentare, a voce e per iscritto, un argomento appreso durante il corso.  <i>Capacità di apprendimento:</i>          Studiare in maniera autonoma, a partire dalla bibliografia consigliata. Riconoscere le connessioni fra nozioni avanzate di fisica e matematica.</p>		differential geometry.
Laboratorio di matematica computazionale	MAT/08	<p>Il corso vuole fornire allo studente un'adeguata familiarità nell'utilizzo del calcolatore come efficace ausilio allo studio teorico della matematica ed alle attività didattiche, applicative e di ricerca ad essa connesse. Si propone quindi di risolvere sperimentalmente alcuni problemi matematici che nascono in diversi contesti applicativi, accompagnando lo studente dal modello allo sviluppo di codici.</p>	<p>The course aims at getting the student adequately used to the utilization of computing facilities as effective and helpful tools towards the theoretical study of mathematics and of its related teaching, applicative and research activities. It therefore consists in solving experimentally mathematical problems arising in diverse</p>	

		<p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Conoscenza e comprensione:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ conoscere gli aspetti base della mutua interazione tra matematica e calcolatore</li> <li>◦ comprendere la classe di problemi matematici a cui ascrivere il proprio modello</li> <li>◦ apprendere le linee guida per tradurre il problema matematico in un problema trattabile al calcolatore</li> </ul> </li> <li>• <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ sviluppare una capacità di auto-apprendimento di software matematici in genere</li> <li>◦ saper selezionare il software matematico meglio adatto alla risoluzione del problema e programmare i relativi codici per la risoluzione stessa</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Autonomia di giudizio:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ essere in grado di analizzare in maniera autonoma e critica i risultati del calcolatore in relazione a quelli attesi dalla teoria</li> </ul> </li> <li>• <i>Abilità comunicative:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ saper spiegare i processi computazionali in modo chiaro e comprensibile</li> <li>◦ saper rappresentare i risultati computazionali in maniera efficace</li> </ul> </li> <li>• <i>Capacità di apprendimento:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ saper affrontare in modo autonomo e critico problemi matematici con tecniche computazionali</li> </ul> </li> </ul>	<p>applicative contexts, driving the student from modeling to coding.</p> <p>The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Knowledge and understanding:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ know the basic aspects of the mutual interaction between mathematics and computer</li> <li>◦ understand the class of mathematical problems in which the model resides</li> <li>◦ learn the guidelines to translate the mathematical problem into a computable one</li> </ul> </li> <li>• <i>Applying knowledge and understanding:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ develop skills in self-learning general mathematical software</li> <li>◦ know how to select the mathematical software best suited to the solution of the problem and to program the relevant codes for obtaining the solution itself</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Making judgements:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ be able of analyzing in a critical and autonomous manner computer results in relation with theoretical expectation</li> </ul> </li> <li>• <i>Communication skills:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ know how to illustrate the computational processes in a clear and comprehensible fashion</li> <li>◦ know how to represent effectively the computational results</li> </ul> </li> <li>• <i>Learning skills:</i></li> </ul>	
--	--	---	--	--

			<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ know how to tackle critically and autonomously mathematical problems with computational techniques</li> </ul>	
Metodi numerici per equazioni differenziali	MAT/08	<p>Il corso ha l'obiettivo di completare le conoscenze di analisi numerica affrontando i metodi numerici per la risoluzione di sistemi di equazioni differenziali ordinarie con condizioni iniziali e condizioni ai limiti. Le equazioni differenziali ordinarie descrivono sistemi dinamici finito-dimensionali che possono essere studiati sperimentalmente attraverso i risultati delle simulazioni numeriche, ma l'analisi numerica è strumento essenziale per anche per il calcolo di equilibri e orbite periodiche e la relativa analisi di biforcazione. Si intende fornire un'introduzione alle tecniche di continuazione numerica.</p> <p>Il corso include delle attività di laboratorio in Matlab, per analizzare sperimentalmente le proprietà teoriche e le prestazioni dei metodi numerici attraverso la presentazione di alcuni casi di studio. Si vuole infatti sviluppare negli/le studenti/esse anche la capacità di analisi critica dei i risultati ottenuti.</p> <p>Le competenze acquisite permettono di proseguire lo studio della disciplina in ambito più avanzato e forniscono strumenti matematici utili in altri contesti applicativi. Infatti i modelli differenziali nascono anche nelle scienze naturali e sociali, nell'ingegneria, nella medicina, nella biologia e nell'economia.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità legate alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere i risultati fondamentali e le proprietà dei principali metodi numerici per le equazioni</p>	<p>The aim of the course is to teach how to solve numerically ordinary differential equations subject to initial conditions or boundary conditions. Ordinary differential equations describe finite-dimensional dynamical systems, which can be experimentally studied throughout numerical simulations. In this context, numerical methods play an important role in computation of equilibria and periodic orbits, and in their bifurcation analysis. The course also furnishes an introduction to numerical continuation techniques. Case studies in MATLAB will be used to experimentally analyze the theoretical properties and performance of numerical methods. The acquired skills allow to continue studying numerical analysis at advanced level, and provide useful mathematical tools relevant to various applications. Indeed differential models also arise in natural and social sciences, engineering, medicine, biology, and economics.</p> <p>The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i> Understand the fundamental results and properties of the major numerical methods for differential equations. Solve simple MATLAB exercises in the laboratory.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i> Know how to formulate mathematically and solve the fundamental problems for differential equations numerically. Know how to choose</p>	Teoria e metodi di Approssimazione

	<p>differenziali. Svolgere in laboratorio alcuni semplici esercizi in MATLAB.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper formulare matematicamente e risolvere numericamente alcuni problemi per le equazioni differenziali. Saper valutare quale metodo risolutivo è più conveniente per un dato problema. Saper analizzare criticamente i risultati delle simulazioni numeriche.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Acquisire la capacità di risolvere numericamente i problemi per le equazioni differenziali, commentare e analizzare criticamente i risultati sperimentali contenuti in grafici e tabelle, confrontando le prestazioni di diversi algoritmi. Tali abilità mirano a sviluppare la maturità di giudizio e il senso critico. Le attività proposte in laboratorio favoriscono l'abitudine al lavoro di gruppo.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare i problemi matematici e i teoremi fondamentali e le proprietà dei metodi numerici per la loro risoluzione usando la terminologia appropriata. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria dei metodi di approssimazione delle equazioni differenziali. Si consigliano testi anche in inglese, per rendere familiare l'uso di tale lingua in ambito scientifico.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Affrontare i problemi proposti selezionando in maniera autonoma i metodi numerici per la loro risoluzione, trarre le conclusioni e comunicare efficacemente. La familiarità con il MATLAB, software matematico ampiamente usato nella ricerca scientifica e in ambiente lavorativo, fornisce loro un ulteriore strumento di conoscenza. Lo studente/la studentessa potrà</p>	<p>the more suitable numerical method for solving a given problem and understand its limitation. Being able to critically analyze the results of numerical simulations.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making Judgements:</i> Acquire the ability to solve numerically differential problems, comment and critically analyze the numerical results by comparing the performance of different algorithms. Such skills aim to develop the maturity of judgment and the critical sense. The lab activities develop the habit of group work.</p> <p><i>Communication Skills:</i> Present mathematical problems, fundamental theorems and properties of numerical methods by using the appropriate terminology. Being able to present to a non-specialist public the salient aspects of numerical methods for differential equations. English texts are also recommended to make them familiar the language in the scientific context.</p> <p><i>Learning Skills:</i> Address the proposed problems by independently selecting the appropriate numerical method, draw conclusions, and communicate effectively. Familiarity with MATLAB provides them with an additional ability. The student will face the numerical solution of gradually more difficult problems, even independently. Differential equations apply to natural and social sciences, engineering, medicine, biology, and economics. Therefore, the acquired skills furnish useful mathematical tools for applications in various scientific areas.</p>	
--	---	---	--

		affrontare la risoluzione numerica di problemi gradualmente più difficili, anche autonomamente. Le equazioni differenziali trovano applicazione nelle scienze naturali e sociali, nell'ingegneria, nella medicina, nella biologia e nell'economia. Tali competenze forniscono strumenti matematici utili anche in diversi ambiti scientifici.		
Sistemi dinamici applicati	MAT/08	<p>Si tratta di un corso avanzato orientato allo studio dei sistemi dinamici nei loro aspetti di carattere maggiormente numerico e applicativo. In primo luogo si intende affrontare le tematiche dei metodi numerici di continuazione come strumento essenziale per l'analisi di biforcazione di equilibri e orbite periodiche nel campo delle equazioni differenziali ordinarie. In secondo luogo si vuole sviluppare la teoria dei sistemi dinamici a tempo continuo su spazi di Banach con riferimento alle equazioni funzionali con ritardo (differenziali e integrali), proponendo lo studio della teoria dei semigrupp e dei loro generatori, la relativa teoria spettrale con riferimento alle tematiche di stabilità, l'analisi di metodi numerici per l'approssimazione degli operatori e dei loro spettri e l'applicazione nel contesto delle dinamiche di popolazioni, con enfasi su modelli di interesse nei campi dell'epidemiologia e dell'ecologia. Per il suo carattere avanzato, il programma del corso e le sue modalità d'esame potranno variare, anche in relazione agli interessi dei partecipanti. Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Conoscenza e comprensione:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ conoscere gli aspetti base dell'analisi dinamica di un sistema</li> </ul> </li> </ul>	<p>It is an advanced course devoted to the study of dynamical systems, mainly in their numerical and applicative aspects. First, it is aimed at studying numerical continuation as an essential tool for the bifurcation analysis of equilibria and periodic orbits in the field of ordinary differential equations. Second, the theory of continuous-time dynamical systems will be developed on Banach spaces, with reference to retarded functional equations (differential or integral), proposing the study of the theory of semigroups and their generators, the relevant spectral theory with connection to stability, the analysis of numerical methods for approximating operators and spectra and the application in the context of population dynamics, with particular emphasis on the models of interest in ecology and epidemiology. Due to its advanced character, both program and exam can be adapted, also in relation to the interest of the students.</p> <p>The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Knowledge and understanding:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ know the basic aspects of the analysis of the dynamics of a system</li> </ul> </li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ avere chiaro lo schema dell'analisi di stabilità locale attraverso il principio di linearizzazione</li> <li>◦ apprendere le linee guida per studiare i cambi di comportamento dinamico al variare dei parametri coinvolti</li> <li>◦ comprendere i fondamenti dei metodi numerici di continuazione e di analisi spettrale, anche in contesti infinito-dimensionali</li> <li>◦ familiarizzare con alcune differenze essenziali dell'analisi in spazi a dimensione finita e infinita</li> <li>● <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ essere in grado di impostare l'analisi qualitativa e numerica di certe soluzioni e della loro stabilità</li> <li>◦ saper effettuare un'analisi base della dinamica al variare di parametri</li> <li>◦ saper applicare metodi numerici per lo studio della dinamica a modelli matematici anche realistici</li> </ul> </li> <li><b>Capacità trasversali/soft skills</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <i>Autonomia di giudizio:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ saper individuare le fasi essenziali e i metodi adatti per l'analisi della dinamica</li> </ul> </li> <li>● <i>Abilità comunicative:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ saper presentare l'analisi dei comportamenti dinamici anche ad un pubblico non specialista</li> <li>◦ saper discutere le caratteristiche principali di certi modelli matematici</li> </ul> </li> <li>● <i>Capacità di apprendimento:</i></li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ have clear the recipe for the local stability analysis based on the principle of linearization</li> <li>◦ learn the guidelines to study the changes in the dynamical behaviors due to varying parameters</li> <li>◦ understand the fundamentals of the methods of numerical continuation and spectral approximation, also in infinite-dimensional contexts</li> <li>◦ become familiar with some essential differences between spaces with finite and infinite dimension</li> <li>● <i>Applying knowledge and understanding:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ be able of setting the qualitative and numerical analysis of certain solutions and of their stability</li> <li>◦ know how to perform a basic analysis of the dynamics under parameter variation</li> <li>◦ know how to apply numerical methods to the study of the dynamics of mathematical models, also realistic ones</li> </ul> </li> <li><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <i>Making judgements:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ know how to individuate the main steps and the suitable methods for the analysis of the dynamics</li> </ul> </li> <li>● <i>Communication skills:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ know how to illustrate the analysis of the dynamical behaviors also to a non-specialized audience</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	
--	--	--	--	--

		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ approfondire in maniera autonoma a partire dalla bibliografia consigliata</li> <li>◦ estendere i risultati e i metodi appresi ad altri modelli</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ know how to discuss the principal features of certain mathematical models</li> <li>• <i>Learning skills:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ deepen the study autonomously starting from the suggested bibliography</li> <li>◦ extend results and methods also to other models</li> </ul> </li> </ul>	
Modelli e Algoritmi per le Decisioni	MAT/09	<p>Il corso presenta le principali metodologie modellistiche utilizzate nella risoluzione di problemi computazionalmente difficili, sia in ambito teorico che applicativo. Nel corso si analizzeranno tre linee di attacco a tali problemi ossia algoritmi esatti, algoritmi approssimati e algoritmi euristici (ricerca locale). Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b> <i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere le principali nozioni di teoria dei grafi e la modellizzazione tramite grafi Conoscere gli strumenti della programmazione lineare intera e le nozioni elementari di complessità computazionale Avere dimestichezza nella lettura/scrittura di modelli matematici formali e rigorosi Essere in grado di esprimere in forma algoritmica un processo risolutivo astratto, usando un linguaggio di programmazione o uno pseudocodice <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper riconoscere gli aspetti fondamentali nella formulazione di un modello per un problema di ottimizzazione reale (variabili, vincoli, obiettivo) Saper valutare la complessità computazionale di un problema e l'efficacia di un algoritmo</p>	<p>The goal is to describe the main modeling techniques used for the solution of computationally hard problems (such as machine and personnel scheduling). By the end of the course, the student should be capable of modeling a standard optimization problem such as those arising in planning and resource allocation, and to propose suitable approaches for its solution.</p>	corsi di base di natura matematico-algoritmica

		<p>Proporre soluzioni euristiche o sub-ottime per problemi particolarmente complessi</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Essere in grado di applicare l'approccio algoritmico più adatto alla risoluzione di un particolare problema Essere in grado di aiutare a formulare in modo matematicamente corretto un problema di ottimizzazione del mondo produttivo/industriale Essere in grado di predisporre la stesura di un approccio algoritmico anche sviluppato da terzi</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Conoscere il linguaggio della teoria dei grafi, dell'ottimizzazione e della matematica in generale Saper descrivere le difficoltà implementative di approcci troppo complessi Saper illustrare impedimenti teorici all'applicabilità di determinati algoritmi a problemi intrattabili da un punto di vista teorico-computazionale</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Studiare in maniera autonoma, a partire dalla bibliografia consigliata Saper formulare i modelli opportuni per i problemi illustrati a lezione e per altri definiti in modo autonomo Sperimentare con strumenti software o programmi scritti autonomamente alcune delle idee viste nel corso</p>		
Teoria dei Giochi	MAT/09	<p>Il corso presenta argomenti classici di teoria delle decisioni e teoria dei giochi. Al termine del corso lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i></p>	<p>The course presents the main arguments of decision theory and game theory. At the end of the course the student will</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i></p>	

		<p>conoscere la teoria dell'utilità e le sue motivazioni;</p> <p>conoscere le principali tecniche risolutive per problemi di decisione;</p> <p>conoscere i concetti fondamentali della teoria dei giochi e le forme di rappresentazione;</p> <p>conoscere la teoria dei giochi competitivi, i suoi modelli e alcuni metodi per la determinazione degli equilibri;</p> <p>conoscere la teoria ed i metodi risolutivi per i giochi cooperativi a due persone;</p> <p>conoscere la teoria e le soluzioni dei giochi in forma caratteristica.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>saper modellare e risolvere semplici problemi di decisione;</p> <p>saper modellare e risolvere semplici situazioni di gioco.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>sapere individuare modelli e soluzioni per problemi di decisione/gioco.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p> <p>sapere presentare gli argomenti svolti nel corso con rigore formale e completezza.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i></p> <p>essere in grado di approfondire autonomamente gli argomenti del corso in relazione ad aspetti non svolti in classe;</p> <p>essere in grado di studiare autonomamente argomenti di teoria dei giochi non svolti nel corso.</p>	<p>know the utility theory and its motivations;</p> <p>know the main techniques for decision-making problems;</p> <p>know the fundamental concepts of game theory and the forms of a game;</p> <p>know the theory of competitive games and its models and issues;</p> <p>know the theory and the methods of resolution for 2-persons cooperative games;</p> <p>know the theory of games in characteristic form.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i></p> <p>Be able to model and solve simple decision problems;</p> <p>be able to model and solve simple game situations.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgments:</i></p> <p>Be able to identify models and solutions for decision / game problems.</p> <p><i>Communication skills:</i></p> <p>Be able to present the subjects of the course with rigor and completeness.</p> <p><i>Learning skills:</i></p> <p>Be able to consult the literature of the discipline.</p>	
Statistica applicata e analisi dei dati	SECS-S/01	<p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><i>1.1 Conoscenza e comprensione:</i> conoscenza e comprensione delle principali procedure univariate e multivariate per sintetizzare i dati; conoscenza e comprensione dei principali</p>	<p>The course focuses on statistical methods for data analysis. The aim is to introduce the fundamental elements of statistical modelling and the basic concepts of statistical learning, with particular attention to regression models</p>	

		<p>modelli statistici e delle tecniche più importanti dell'apprendimento statistico, con particolare attenzione ai modelli di regressione e alle tecniche di analisi multivariata; conoscenza di almeno un software statistico.</p> <p><i>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> comprensione dei metodi statistici come strumenti di ricerca utili in vari contesti applicati; capacità di usare la statistica descrittiva e inferenziale per sintetizzare informazioni, per analizzare e interpretare relazioni tra variabili e per test di ipotesi, acquisire abilità nell'utilizzazione di un software statistico.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>2.1 Autonomia di giudizio:</i> autonomia di giudizio nella scelta dei modelli e dei metodi statistici più appropriati per analizzare uno specifico dataset e nell'interpretazione dei risultati sperimentali.</p> <p><i>2.2 Capacità di apprendimento:</i> capacità di apprendimento utilizzando strumenti utili per riuscire a capire autonomamente i contenuti di un report statistico e per acquisire tecniche statistiche più avanzate.</p> <p><i>2.3 Abilità comunicative:</i> abilità comunicative nel presentare in modo convincente e corretto un'analisi statistica, motivando i risultati ottenuti e giustificando la metodologia adottata.</p>	<p>and multivariate data analysis techniques. These notions will be presented from an applied point of view and part of the course will take place in the computer lab, using the R statistical software.</p> <p>Course outline: 1) Introduction to statistics and data analysis; 2) Explorative data analysis; 3) A review of inference concepts; 4) Linear regression with a single predictor; 5) Towards multiple linear regression and logistic regression; 6) Predictive and classification methods; 7) Unsupervised methods (principal component analysis, cluster analysis).</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>1.1 Knowledge and understanding</i> Knowledge and understanding of univariate and multivariate descriptive statistics and of how to summarize and visualize data, of the basics in inferential statistics, of the fundamental elements of statistical modelling, of the basic concepts of statistical learning, focusing on regression models and multivariate data analysis techniques, and understanding of at least one statistical software for data analysis and statistical learning applications.</p> <p><i>1.2 Applying knowledge and understanding</i> Understanding of statistical methods as useful instruments for research in economics and social sciences, ability to use descriptive and inferential statistics in order to summarize information, to analyze and interpret relationships between variables and to test hypotheses, ability to use at least one statistical software in order to develop simple data analysis.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>2.1 Making judgements</i></p>	
--	--	---	---	--

			<p>Making judgements on the appropriate statistical models and methods to be used for analyzing a specific dataset and on the interpretation of the experimental results.</p> <p><b>2.2 Communication skills</b> Communication skills in order to present a statistical analysis, including both the methodology and the final conclusions, in a consistent and convincing way.</p> <p><b>2.3 Learning skills</b> Learning skills based on the prerequisites that are required for understanding autonomously a report</p>	
Statistica II	SECS-S/01	<p>L'insegnamento approfondisce l'inferenza statistica parametrica basata sulla funzione di verosimiglianza. Presenta alcuni elementi della teoria dell'ottimalità dei test statistici e delle regioni di confidenza, e tratta applicazioni riferite a modelli di regressione. I punti principali toccati sono: complementi sulle leggi normali multivariate e distribuzioni collegate; il lemma di Neyman-Pearson e test uniformemente massimamente potenti; dualità fra proprietà campionarie di certi test e regioni di confidenza da essi dedotte; il P-value; la funzione di verosimiglianza, la funzione di punteggio, l'informazione osservata e attesa; procedure inferenziali basate sulla funzione di verosimiglianza; inferenze in presenza di parametri di disturbo: la verosimiglianza profilo e le corrispondenti procedure inferenziali; la teoria asintotica del primo ordine; i risultati di base per il reperimento di test ottimi e di stimatori efficienti fra i non distorti; modelli di regressione per dati di conteggio e per dati di misurazione con errore normale.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p>	<p>The course is an introduction to bivariate and multivariate statistical modeling and to likelihood-based frequentist inference. In detail: conditional distributions, multinomial models, regression functions and the decomposition of variance, sufficient statistics and Rao-Blackwell theorem; multivariate normal laws and the normal linear model; statistical tests: the inferential approach (P-value) and the decision-theoretic approach; methods for obtaining confidence regions; the likelihood function and likelihood quantities; likelihood-based inferential procedures and first-order asymptotic theory. Estimating equations and pseudo-likelihoods; likelihood inference in the presence of nuisance parameters: the profile likelihood. The student will have:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i> To know the elements of Probability Theory useful to describe and represent multivariate random phenomena</p>	Statistica I

		<p><i>Conoscenza e comprensione:</i>  Conoscere gli elementi fondamentali del calcolo delle probabilità utili per descrivere e rappresentare fenomeni aleatori, sia in ambito univariato che multivariato  Comprendere l'utilità dei modelli statistici parametrici per la ricerca nell'ambito delle scienze biologiche, ingegneristiche ed economico-sociali  Conoscere e comprendere gli elementi di base della teoria frequentista dell'inferenza statistica basata sulla funzione di verosimiglianza  <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>  Essere in grado di utilizzare i metodi statistici per descrivere, analizzare e interpretare dati relativi ad esperimenti casuali anche tenendo conto degli effetti di variabili concomitanti  <b>Capacità trasversali/soft skills</b>  <i>Autonomia di giudizio:</i>  Saper scegliere i modelli e i metodi statistici più appropriati per analizzare uno specifico esperimento casuale e per interpretare i risultati sperimentali  <i>Abilità comunicative:</i>  Saper presentare in modo convincente e corretto l'uso di uno specifico modello statistico, motivando i risultati ottenuti e giustificando la metodologia adottata, anche a non utenti non specialisti  <i>Capacità di apprendimento:</i>  Saper comprendere i contenuti di un testo avanzato di teoria dell'inferenza statistica ed acquisire conoscenze più specifiche su modelli statistici complessi, anche utilizzando articoli di ricerca.</p>	<p>To understand the usefulness of statistical models for biological, technological and socio-economic sciences  To know and understand the basic elements of the theory of frequentist statistical inference based on the likelihood function  <i>Applying knowledge and understanding:</i>  To be able to use statistical methods to describe, analyze and interpret data obtained from random experiments also accounting for the effects of concomitant variables  <b>cross-sectoral skills/soft skills</b>  <i>Making judgements:</i>  To be able to choose model and statistical methods apt to analyze a particular random experiment; to be able to interpret the result of a statistical procedure  <i>Communication skills:</i>  To be able to present, also in oral form, in a convincing and correct way, the fitting of a particular statistical model, explaining the obtained results and giving reasons motivating the adopted methodology also to non-statistically trained users  <i>Learning skills:</i>  To be able to understand the contents of a text on theoretical statistics and to acquire in-depth knowledge on more complex statistical models, also exploring research articles</p>	
Matematica finanziaria	SECS-S/06	L'analisi finanziaria quantitativa è divenuta fondamentale per descrivere il funzionamento	<b>Sector-specific skills</b>	

	<p>dei mercati finanziari. In particolare, riveste importanza tanto nei processi riguardanti le decisioni di investimento quanto nella formulazione di regolamenti per la quantificazione e gestione del rischio di intermediari finanziari. L'innovazione finanziaria implica la richiesta di studenti altamente qualificati in finanza matematica.</p> <p>In quest'ottica la prima parte del corso si propone di fornire agli studenti strumenti decisionali in condizioni di incertezza. In maggior dettaglio, si considera il problema di un investitore che deve effettuare scelte di portafoglio ottimali contemplando sia il rendimento che il rischio nel processo decisionale.</p> <p>La seconda parte si concentra su misure di rischio e requisiti patrimoniali minimi di intermediari che hanno portafogli (finanziari e crediti) già in essere.</p> <p>Al termine del corso lo studente dovrà essere in grado di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• confrontare attività o portafogli rischiosi secondo il criterio dell'utilità attesa e valutarle tramite equivalenti certi;</li> <li>• comprendere gli effetti della correlazione per un'efficace diversificazione del rischio misurato in termini di varianza del rendimento;</li> <li>• selezionare portafogli ottimi di attività azionarie su orizzonti uniperiodali su mercati eventualmente dotati di un'attività priva di rischio;</li> <li>• comprendere le relazioni rischio-rendimento atteso in condizioni di equilibrio nel Capital Asset Pricing Model;</li> <li>• conoscere e maneggiare misure di rischio alternative alla varianza utilizzate nella predisposizione di regolamenti sovra-nazionali</li> </ul>	<p>The first part of the course provides the fundamentals of financial mathematics under certainty conditions. The second part is devoted to elements of probability theory, revisited from a financial point of view. This will allow students to consider financial mathematics applications in stochastic frameworks (i.e. applications in portfolio theory and in actuarial fields). At the end of the course students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• knowing and managing interest, discount, final value, present value, rates, capitalization and discount factors;</li> <li>• using different accumulation and discount functions;</li> <li>• linking the properties of financial functions with arbitrage free assumptions under certainty conditions;</li> <li>• making financial evaluations under no flat yield curves;</li> <li>• evaluating annuities;</li> <li>• writing amortization schedules;</li> <li>• evaluating entrepreneurial projects;</li> <li>• giving a financial meaning to probabilities and proving the fundamental probability theorems with the no arbitrage assumption;</li> <li>• knowing the ways to characterize (discrete and continuous) random variables probability distributions;</li> <li>• knowing the most important synthetic distribution indices and giving them a financial meaning when the random variables are stochastic assets returns;</li> <li>• applying the financial and probabilistic tools to decisions under uncertainty (in particular to portfolio choices and to evaluation of life insurance premiums).</li> </ul> <p><b>Cross-sectoral skills/Soft skills:</b></p>	
--	---	--	--

		<p>per la quantificazione dei requisiti patrimoniali di intermediari finanziari;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• calcolare le “nuove” misure di rischio di portafogli di attività azionarie, obbligazioni, posizioni in valuta e alcuni derivati.</li> </ul> <p><b>Capacità trasversali/soft skills:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lo studente dovrebbe acquisire le conoscenze fondamentali di portfolio management e valutazione del rischio;</li> <li>• lo studente diventa consapevole dell'importanza della gestione del rischio che ha implicazioni non solo per i soggetti che per missione aziendale assumono rischi.</li> </ul> <p>Gli argomenti trattati sono di primaria importanza in corsi avanzati e master di finanza quantitativa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• the student should reach a financial literacy level so that he will be able to identifying and analyzing financial information, solving financial problems;</li> <li>• students should become aware of the importance of risk in financial investing, in financial planning and in stochastic asset pricing;</li> <li>• topics handled during the course are fundamental for advanced course in quantitative finance;</li> <li>• both under certainty and uncertainty we give relevance to the no arbitrage condition that is fundamental in stochastic asset pricing in finance.</li> </ul>	
--	--	--	---	--

## Allegato B2

### Quadro degli obiettivi formativi specifici e delle propedeuticità

Corso di Laurea Magistrale in Matematica

Curriculum Generale

Rau, art. 12

Insegnamento	Settore Scientifico Disciplin.	Obiettivi formativi specifici (ITA)	Specific educational objectives (ENG)	Propedeuticità obbligatorie
Istituzioni di analisi superiore	MAT/05	<p>Il corso vuole introdurre gli studenti ad argomenti avanzati, propri dell'analisi matematica e dell'analisi funzionale, le cui valenze culturali intrinseche costituiscono, al di là delle loro importanti applicazioni, elemento essenziale per il laureato Magistrale in matematica. Argomenti tipici fra cui scegliere possono essere: teoria delle distribuzioni, studio approfondito degli spazi di Banach e di Hilbert, teoria spettrale e teoria dei semigrupp, con applicazioni alle equazioni differenziali alle derivate parziali e all'analisi armonica.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b>  <i>Conoscenza e comprensione:</i>  conoscere e comprendere argomenti avanzati di analisi matematica ed i fondamenti dell'analisi funzionale.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>  saper applicare i principali teoremi dell'analisi matematica e dell'analisi funzionale e di redigere in modo autonomo dimostrazioni matematiche rigorose.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b>  <i>Autonomia di giudizio:</i>  saper individuare le tecniche più adatte nel risolvere problemi assegnati, sia di tipo teorico che applicativo, anche fuori dal contesto specifico dell'analisi</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p>	<p>The course will propose some topics from advanced Analysis and Functional Analysis that constitute an indispensable part of the knowledge of any <i>Laureato Magistrale</i> in Mathematics. Typical topics are, for instance, distribution theory, Banach and Hilbert spaces, spectral and semigroup theory, with applications to partial differential equations and harmonic analysis.</p> <p>The student will have to</p> <p><b>Sector-specific skills</b>  <i>Knowledge and understanding:</i>  know and understand selected topics in advanced analysis and the foundations of functional analysis.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i>  be able to apply the main theorems of higher analysis and functional analysis in order to develop rigorous mathematical proofs for exercise problems.</p> <p><b>Cross-sectoral/soft skills</b>  <i>Making judgements:</i>  be able to judge what the most appropriate techniques are to solve problems arising from the theory as well as from applications.</p> <p><i>Communication skills:</i>  show good communication skills in writing and presenting rigorous but comprehensible proofs.</p> <p><i>Learning skills:</i></p>	Primo biennio della Laurea Triennale

		<p>dimostrare di possedere buone abilità comunicative, dimostrare di saper redigere autonomamente dimostrazioni matematiche rigorose e formulare congetture sui problemi proposti.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> dimostrare di possedere buone capacità di apprendimento e di saper studiare in maniera autonoma.</p>	<p>show good learning ability, and to be able to study independently.</p>	
Istituzioni di geometria superiore	MAT/03	<p>Lo scopo del corso è duplice: (1) introdurre i concetti di base della teoria delle funzioni analitiche di una variabile complessa; (2) introdurre i concetti di base della geometria differenziale.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b> <i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali dell'analisi complessa in una variabile e della geometria differenziale. Riconoscere un problema analitico reale o geometrico che è possibile affrontare con i metodi dell'analisi complessa. Riconoscere un problema geometrico risolubile tramite elementi di geometria differenziale.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper affrontare e risolvere alcuni problemi classici dell'analisi complessa in una variabile e della geometria differenziale. Saper individuare applicazioni analitiche e geometriche dell'analisi complessa in una variabile e della geometria differenziale.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b> <i>Autonomia di giudizio:</i> Saper individuare le tecniche analitiche o geometriche più adatte nel risolvere problemi assegnati.</p>	<p>The aim of the course is twofold: (1) to introduce the basic concepts of complex analysis in one variable; (2) to introduce the basic concepts of differential geometry.</p> <p>The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b> <i>Knowledge and understanding:</i> To know some basic concepts and results of complex analysis in one variable and of differential geometry. To recognize a real analytic or geometric problem that can be tackled with complex analysis methods. To recognize a geometric problem which is resolvable through differential geometry methods.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i> To know how to deal with and solve some classical problems of complex analysis in one variable and of differential geometry. To find analytical and geometric applications of complex analysis in one variable and differential geometry</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b> <i>Making judgements:</i> To know how to find the most appropriate analytical or geometric techniques in solving assigned problems.</p>	<p>Primo biennio della Laurea Triennale First two years of first-level degree in Mathematics</p>

		<p>Saper valutare la difficoltà di problemi specifici sia nell'ambito dell'analisi complessa in una variabile, che della geometria differenziale.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica delle funzioni di analitiche in una variabile complessa, delle superficie di Riemann, e delle curve e superficie immerse nello spazio ordinario.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Riuscire a leggere un libro a livello di dottorato nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi</p>	<p>To address the difficulty of specific problems both in complex analysis of one variable and in differential geometry.</p> <p><i>Communication skills:</i> To introduce, orally and in writing, a subject, or a mathematical theory, learned during the course. Being able to present to a non-specialist public the salient aspects of classical theory of analytic functions in one complex variable, of Riemann surfaces, and of curves and surfaces immersed in ordinary space.</p> <p><i>Learning skills:</i> to be able to read a graduate degree book in the fields covered by the course. To work independently in literature search. To address the proposed problems by selecting independently the most meaningful ones.</p>	
Teoria generale dei Sistemi Dinamici	MAT/01	<p>Il corso si propone di fornire una trattazione e un panorama quanto più possibile ampi della teoria dei sistemi dinamici. Si ripromette di fornire un linguaggio generale e preciso, adatto ai molteplici aspetti della disciplina, nonché di fornire gli strumenti di base in modo rigoroso e applicabile a problemi concreti, spesso nascenti da altre aree della matematica.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere la teoria ergodica classica e alcune linee di sviluppo della teoria moderna. Saper vedere i collegamenti con altre aree della matematica. Saper utilizzare un linguaggio preciso e rigoroso.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper formalizzare problemi che nascono sia</p>	<p>The student will learn the basic aspects of the theory of dynamical systems. He will learn to formalize and treat problems arising in the theory, and from other areas of mathematics. He will have to present some course topic. He will have to study in an autonomous and creative way.</p>	Primo biennio della Laurea Triennale

		<p>dalla disciplina in sé, sia da altre aree della matematica. Saper risolvere tali problemi tramite gli strumenti appresi o, eventualmente, in modo creativo.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Saper pensare in modo critico. Saper individuare i problemi, e saper distinguere le difficoltà profonde dalle difficoltà meramente tecniche.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso. Saper presentare gli aspetti della teoria e qualche sua applicazione. Saper utilizzare, per i problemi a cui si prestano, strumenti moderni di calcolo e di visualizzazione.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Riuscire a leggere un articolo di ricerca. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica e tramite la rete. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi</p>		
Probabilità II	MAT/06	<p>Il corso approfondisce alcuni argomenti di base del calcolo delle probabilità ed affronta in modo sistematico lo studio dei processi stocastici. Particolare attenzione viene dedicata all'utilizzazione dei modelli probabilistici in vari contesti applicativi. Programma del corso: 1) Complementi di Calcolo delle probabilità; 2) Introduzione ai processi stocastici; 3) Catene di Markov a tempo discreto; 4) Processi di Poisson; 5) Martingale a tempo discreto; 6) Moto Browniano; 7) Modelli markoviani nascosti.</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><b>1.1 Conoscenza e capacità di comprensione</b> Conoscenza degli elementi fondamentali del calcolo delle probabilità utili per descrivere e rappresentare fenomeni aleatori, sia in ambito</p>	<p>This course gives some complements on basic probability theory and introduces the theory of stochastic processes, with a view towards applications. Course contents: 1) Complementi on elementary probability; 2) Introduction to stochastic processes; 3) Discrete-time Markov chains; 4) Poisson processes; 5) Discrete-time martingales; 6) Brownian motion; 7) Hidden Markov models.</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><b>1.1 Knowledge and understanding</b> Knowledge and understanding of the fundamental elements of probability theory for the description of univariate and multivariate random phenomena, of the basics in the theory of stochastic processes, of the</p>	

		<p>univariato che multivariato, degli elementi di base della teoria dei processi stocastici, dell'utilità dei processi stocastici come modelli per la ricerca nell'ambito della biologia, della finanza e dell'ingegneria.</p> <p><b>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b> Comprensione dei modelli probabilistici come strumenti di ricerca utili nelle scienze applicate e capacità di utilizzare i processi stocastici per descrivere fenomeni aleatori che si sviluppano nel tempo e nello spazio.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><b>2.1 Autonomia di giudizio</b> Autonomia di giudizio nella scelta dei modelli e dei metodi matematici più appropriati per analizzare uno specifico fenomeno aleatorio e nell'interpretazione dei risultati sperimentali.</p> <p><b>2.2 Abilità comunicative</b> Abilità comunicative nel presentare in modo convincente e corretto l'uso di uno specifico modello, motivando i risultati ottenuti e giustificando la metodologia adottata.</p> <p><b>2.3 Capacità di apprendimento permanente</b> Capacità di apprendimento utilizzando strumenti utili per riuscire a capire autonomamente i contenuti di un testo avanzato di probabilità e processi stocastici e per acquisire conoscenze più specifiche su modelli probabilistici complessi.</p>	<p>usefulness of stochastic processes for the description of random phenomena in biology, finance and engineering.</p> <p><b>1.2 Applying knowledge and understanding</b> Understanding of the probabilistic models as useful instruments for research in applied sciences an ability to use stochastic processes in order to describe random phenomena.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><b>2.1 Making judgements</b> Making judgements on the appropriate probabilistic models and methods to be used for analyzing a specific dataset and on the interpretation of the experimental results.</p> <p><b>2.2 Communication skills</b> Communication skills in order to present a probabilistic model, including both the methodology and the expected results, in a consistent and convincing way.</p> <p><b>2.3 Learning skills</b> Learning skills based on the prerequisites that are required for understanding autonomously a report on the application of the theory of stochastic processes and for learning more advanced probabilistic procedures.</p>	
Istituzioni di logica matematica	MAT/01	<p><b>Obiettivi Formativi Specifici.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoscere gli argomenti fondamentali ed acquisire le tecniche principali della teoria della computabilità e della teoria delle categorie.</li> <li>• Sviluppare concetti e tecniche utilizzabili sia all'interno della logica matematica che in altre parti della matematica contemporanea.</li> </ul>	<p><b>Specific educational objectives.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• To know the fundamental topics and to learn the main techniques of computability theory and of category theory.</li> <li>• To develop notions and techniques which can be used both inside mathematical logic and in other areas of contemporary mathematics.</li> </ul>	<p>Corso di Logica Matematica della Laurea Triennale</p> <p>Mathematical Logic of the Laurea Triennale</p>

	<p>Lo/la studente/essa dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><i>1.1. Conoscenza e capacità di comprensione</i>  Conoscere le principali nozioni di riducibilità tra insiemi di numeri naturali, la computabilità relativa, la gerarchia aritmetica, il metodo di priorità a ferite finite. Conoscere le principali nozioni di teoria delle categorie, i vari modi di formulare le proprietà universali, il formalismo e le proprietà delle aggiunzioni.</p> <p><i>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione</i>  Saper dimostrare i teoremi fondamentali della teoria della computabilità e della teoria delle categorie. Saper costruire insiemi computabilmente enumerabili con appropriate caratteristiche attraverso il metodo di priorità a ferite finite. Saper riconoscere gli aspetti categoriali in teoremi presentati in altri corsi e saper riformulare tali teoremi in modo unificante e generale tramite il linguaggio delle categorie.</p> <p><b>Capacità trasversali / soft skills</b></p> <p><i>2.1 Autonomia di giudizio</i>  Saper individuare le tecniche necessarie a risolvere problemi assegnati. Saper valutare la difficoltà di specifici problemi di teoria della computabilità e delle categorie.</p> <p><i>2.2 Abilità comunicative</i>  Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti delle teorie studiate.</p> <p><i>2.3 Capacità di apprendimento</i>  Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi.</p>	<p>Students should</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>1.1. Knowledge and understanding</i>  know the basic reductions between sets of natural numbers, relative computability, the arithmetical hierarchy and the priority method with finite injuries; know the basic notions of category theory, the various ways of presenting universal properties, the formalism and the properties of adjunctions.</p> <p><i>1.2 Applying knowledge and understanding</i>  be able to prove the most fundamental theorems of computability theory and of category theory; be able to construct computably enumerable sets with given properties using the finite injuries method; be able to recognize the categorical aspects of theorems presented in other courses, and to reformulate these theorems in a unifying and general way.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>2.1 Making judgements</i>  be able to isolate the techniques needed to solve a given problem; be able to assess the difficulty of specific problems in computability and category theory.</p> <p><i>2.2 Communication skills</i>  expose, verbally and in writing, an argument or a mathematical theory studied during the course; be able to explain to a non-specialist audience the main features of computability and category theory.</p> <p><i>2.3 Learning skills</i>  be able to read a research paper dealing with the topics of the course; carry out an autonomous bibliographic search; deal with the problems assigned, selecting the most important.</p>	
--	---	--	--

Logica per le Applicazioni	MAT/01	<p>Il corso vuole fornire un panorama del ruolo della Logica nelle sue aree d'intersezione con l'Informatica, in particolare nella Teoria dei Giochi, nella Teoria degli Automi e nell'Intelligenza Artificiale.</p> <p>Il corso è diviso in tre parti. Nella prima parte si analizzano i giochi di Ehrenfeucht. Obiettivo di questa parte è familiarizzare lo studente con la teoria dei giochi e con il concetto di strategia vincente e mostrare le applicazioni della teoria dei giochi allo studio dell'espressività della logica al prim'ordine. Nella seconda parte si considerano automi a stati finiti su parole infinite utilizzandoli per dimostrare risultati classici sulla decidibilità della logica monadica al second'ordine. Obiettivo di questa parte è familiarizzare lo studente con gli automi che leggono parole infinite e con il loro potere espressivo. Nell'ultima parte si introducono e studiano logiche per il ragionamento non monotono. Obiettivo di questa parte è di mostrare come in alcuni ambiti la logica classica risulti inadeguata e possa essere sostituita da logiche non monotone.</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><i>1.1 Conoscenza e capacità di comprensione</i>  Conoscere le analogie e le differenze in potere espressivo delle logiche introdotte nel corso e essere in grado di interpretare tali logiche utilizzando giochi ed automi. Essere in grado di formalizzare un ragionamento non monotono utilizzando una logica appropriata.</p> <p><i>1.2 Conoscenza e capacità di comprensione applicate</i>  Saper riconoscere la logica più adatta alla formalizzazione di una specifica proprietà, ed essere in grado di formalizzare correttamente tale proprietà.</p>	<p>This course aims to provide a landscape of the role of Logic in Computer Science.</p> <p>The course is divided into three parts. In the first part Ehrenfeucht games are analyzed. The objective here is to get the student acquainted with game theory and to the concept of winning strategy, and to show the applications of game theory to the expressive power of first order logic. In the second part, finite state automata reading infinite words are introduced and used to prove some classical results on monadic second order logic. The objective here is to get the student acquainted with automata reading infinite words and with their expressive power. In the last part, non-monotone logics are introduced and studied. The objective here is to show that there are settings where classical logic is not adequate and can be replaced by non-monotone logic.</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>1.1 Knowledge and understanding</i>  To know analogies and differences in expressive power for the logics introduced in the course, and to be able to analyze such logics using games and automata.  To be able to formalize non-monotone reasoning using an appropriate logic.</p> <p><i>1.2 Applying knowledge and understanding</i>  To be able to recognize the logic which is more suited for formalizing a specific property and to perform such a formalization correctly.</p> <p><b>Cross-sectoral Skills/ soft skills</b></p> <p><i>2.1 Making judgements</i>  To be able to recognize a correct formalization.  To be able to evaluate which tool is more suited to solve a specific problem.</p> <p><i>2.2 Communication skills</i></p>	
----------------------------	--------	--	---	--

		<p>Saper dimostrare che una data proprietà non è esprimibile nella logica al prim'ordine.</p> <p><b>Capacità trasversali</b></p> <p><i>2.1 Autonomia di giudizio</i></p> <p>Saper riconoscere una formalizzazione corretta di un dato problema.</p> <p>Saper valutare quale strumento utilizzare per formalizzare uno specifico problema.</p> <p><i>2.2 Abilità comunicative.</i></p> <p>Saper comunicare le proprie intuizioni e dimostrazioni ai compagni di corso.</p> <p>Riuscire a formalizzare un problema nel modo più semplice possibile e riuscire a spiegare tale formalizzazione in modo comprensibile.</p> <p>Scrivere in modo formalmente corretto la soluzione degli esercizi.</p> <p><i>2.3 Capacità di apprendimento</i></p> <p>Essere in grado di approfondire in maniera autonoma gli argomenti trattati nel corso.</p>	<p>To know how to communicate the intuition behind a formalization of a problem to classmates. To formalize a problem using the simplest possible solution and to be able to explain this solution informally. To be able to write a formally correct solution of an exercise.</p> <p><i>2.3 Learning skills</i></p> <p>To be able to further develop and deepen, by independent study, the knowledge of the role of logic in computer science.</p>	
Teoria degli insiemi	MAT/01	<p>Obiettivi Formativi Specifici.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoscere gli argomenti fondamentali ed acquisire le tecniche principali della teoria degli insiemi, quali l'aritmetica cardinale, i grandi cardinali, l'assioma di Martin, gli insiemi costruibili, il forcing e i risultati di indipendenza.</li> <li>• Sviluppare concetti e tecniche utilizzabili sia all'interno della teoria degli insiemi che in altre parti della matematica contemporanea.</li> </ul> <p>Lo/la studente/essa dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><i>1.1. Conoscenza e capacità di comprensione</i></p> <p>Conoscere lo sviluppo assiomatico della teoria degli insiemi, l'assioma di Martin, gli insiemi costruibili, il forcing, e comprendere le dimostrazioni di indipendenza.</p>	<p>Specific educational objectives.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• To know the fundamental topics and to learn the main techniques of set theory, such as cardinal arithmetic, large cardinals, Martin's axiom, absoluteness, constructible sets, forcing and independence results.</li> <li>• To develop notions and techniques which can be used both inside set theory and in other areas of contemporary mathematics.</li> </ul> <p>Students should</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>1.1. Knowledge and understanding</i> know the axiomatic development of set theory, Martin's axioms, constructible sets, forcing and understand independence proofs.</p> <p><i>1.2 Applying knowledge and understanding</i> be able to prove the most fundamental theorems</p>	Corso di Logica Matematica della Laurea Triennale Mathematical Logic of the Laurea Triennale

		<p>1.2 <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</i> Saper dimostrare i teoremi fondamentali della teoria degli insiemi. Saper giustificare risultati di non dimostrabilità attraverso l'uso di appropriati modelli interni alla teoria degli insiemi.</p> <p><b>Capacità trasversali / soft skills</b></p> <p>2.1 <i>Autonomia di giudizio</i> Saper individuare le tecniche necessarie a risolvere problemi assegnati. Saper valutare la difficoltà di specifici problemi di teoria degli insiemi.</p> <p>2.2 <i>Abilità comunicative</i> Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria degli insiemi.</p> <p>2.3 <i>Capacità di apprendimento</i> Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi.</p>	<p>of set theory; be able to explain the improbability of a statement by using appropriate inner models.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/Soft skills</b></p> <p>2.1 <i>Making judgements</i> be able to isolate the techniques needed to solve a given problem; be able to assess the difficulty of specific problems in set theory.</p> <p>2.2 <i>Communication skills</i> expose, verbally and in writing, an argument or a mathematical theory studied during the course; be able to explain to a non-specialist audience the main features of set theory.</p> <p>2.3 <i>Learning skills</i> be able to read a research paper dealing with the topics of the course; carry out an autonomous bibliographic search; deal with the problems assigned, selecting the most important.</p>	
Algebra superiore I	MAT/02	<p>Lo scopo del corso è fornire una introduzione classica ad uno degli aspetti fondamentali dell'algebra contemporanea come teoria dei gruppi, rappresentazioni, algebre di Lie, gruppi algebrici. Uno scopo primario del corso è lo sviluppo di tecniche di tipo algebrico-geometriche, apprese nei corsi fondamentali, nello studio di problemi algebrici.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali dell'algebra contemporanea. Conoscere alcuni problemi moderni in algebra, rilevandone le difficoltà.</p>	<p>The purpose of the course is to provide an introduction to one of the fundamental topics of contemporary algebra such as group theory, representations, Lie algebras, algebraic groups, etc. A primary goal of the course is to develop algebraic-geometric machineries, learnt in the basic courses, to the study of algebraic questions.</p> <p>The student shall:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i> Be acquainted with some modern questions in algebra, detecting the difficulties. Be able to use a modern language whilst formulating algebraic problems.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i></p>	Primo biennio della Laurea Triennale

		<p>Saper utilizzare un linguaggio moderno nella formulazione di problemi algebrici.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Saper affrontare e risolvere con linguaggio moderno o elementare alcuni problemi classici dell'algebra contemporanea.</p> <p>Saper individuare relazioni tra questioni algebriche e problemi o teorie di ambito diverso.</p> <p>Saper risolvere problemi algebrici anche al di fuori di quelli specificamente trattati nel corso.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>Saper individuare le tecniche algebriche o geometriche più adatte nel risolvere problemi assegnati.</p> <p>Saper valutare la difficoltà di problemi algebrici specifici.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p> <p>Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso.</p> <p>Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica e qualche problema moderno nell'algebra contemporanea.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i></p> <p>Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica.</p> <p>Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi.</p>	<p>Be able to cope and solve with a modern or elementary language some classical problems of contemporary algebra.</p> <p>Be able to detect interrelations between algebraic questions and problems arising from other areas.</p> <p>Be able to solve specific problems even if they are not included in those specifically discussed in the course.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making Judgements:</i></p> <p>Be able to detect the algebraic-geometric techniques best suitable to solve the assigned questions.</p> <p>Be able to evaluate the difficulties of specific algebraic questions.</p> <p><i>Communication skills:</i></p> <p>Be able to expose, orally or in a written text, an argument, or a mathematical theory, learnt in the course.</p> <p>Be able to expose to a non-specialist audience the main aspects of the classical theory and some modern question in contemporary algebra.</p> <p><i>Learning skills:</i></p> <p>Be able to read an article in the specific topics treated in the course.</p> <p>Be able to work autonomously in bibliographic research.</p> <p>Be able to cope with the proposed questions, selecting autonomously the most significant ones.</p>	
Algebra superiore II	MAT/02	<p>Lo scopo del corso è fornire una introduzione classica ad uno degli aspetti fondamentali dell'algebra contemporanea come teoria dei gruppi, rappresentazioni, algebre di Lie, gruppi algebrici. Uno scopo primario del corso è lo sviluppo di tecniche di tipo algebrico-</p>	<p>The purpose of the course is to provide an introduction to one of the fundamental topics of contemporary algebra such as group theory, representations, Lie algebras, algebraic groups, etc. A primary goal of the course is to develop algebraic-geometric machineries,</p>	<p>Primo biennio della Laurea Triennale</p>

	<p>geometriche, apprese nei corsi fondamentali, nello studio di problemi algebrici. Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b> <i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali dell'algebra contemporanea. Conoscere alcuni problemi moderni in algebra, rilevandone le difficoltà. Saper utilizzare un linguaggio moderno nella formulazione di problemi algebrici. <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper affrontare e risolvere con linguaggio moderno o elementare alcuni problemi classici dell'algebra contemporanea. Saper individuare relazioni tra questioni algebriche e problemi o teorie di ambito diverso. Saper risolvere problemi algebrici anche al di fuori di quelli specificamente trattati nel corso.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b> <i>Autonomia di giudizio:</i> Saper individuare le tecniche algebriche o geometriche più adatte nel risolvere problemi assegnati. Saper valutare la difficoltà di problemi algebrici specifici. <i>Abilità comunicative:</i> Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica e qualche problema moderno nell'algebra contemporanea. <i>Capacità di apprendimento:</i> Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica.</p>	<p>learnt in the basic courses, to the study of algebraic questions. The student shall:</p> <p><b>Sector-specific skills</b> <i>Knowledge and understanding:</i> Be acquainted with some modern questions in algebra, detecting the difficulties. Be able to use a modern language whilst formulating algebraic problems. <i>Applying knowledge and understanding:</i> Be able to cope and solve with a modern or elementary language some classical problems of contemporary algebra. Be able to detect interrelations between algebraic questions and problems arising from other areas. Be able to solve specific problems even if they are not included in those specifically discussed in the course.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b> <i>Making Judgements:</i> Be able to detect the algebraic-geometric techniques best suitable to solve the assigned questions. Be able to evaluate the difficulties of specific algebraic questions. <i>Communication skills:</i> Be able to expose, orally or in a written text, an argument, or a mathematical theory, learnt in the course. Be able to expose to a non-specialist audience the main aspects of the classical theory and some modern question in contemporary algebra. <i>Learning skills:</i> Be able to read an article in the specific topics treated in the course.</p>	
--	--	---	--

		Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi.	Be able to work autonomously in bibliographic research. Be able to cope with the proposed questions, selecting autonomously the most significant ones.	
Entropia e sistemi dinamici	MAT/02	<p>L'insegnamento tratta argomenti classici di teoria geometrica dei gruppi ed i sistemi dinamici di origine algebrica, con particolare attenzione all'entropia ed alla crescita di endomorfismi gruppali sia nel caso discreto sia nel caso topologico.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Conoscenze relative alla disciplina</b>  <i>Conoscenza e comprensione:</i>          Conoscere e comprendere concetti e risultati fondamentali di teoria geometrica dei gruppi.          Conoscere e comprendere concetti e risultati attuali riguardanti i sistemi dinamici di origine algebrica e le loro entropie.          Conoscere problemi moderni relativi alla teoria trattata nell'insegnamento, rilevandone le difficoltà.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>          Applicare la teoria imparata per risolvere gli esercizi proposti e problemi analoghi anche al di fuori di quelli specificamente trattati nell'insegnamento.          Individuare relazioni tra la teoria trattata nell'insegnamento e problemi o teorie di ambito diverso.</p> <p><b>Conoscenze trasversali/soft skills</b>  <i>Autonomia di giudizio:</i>          Individuare le tecniche algebriche più adatte per la risoluzione dei problemi assegnati.          Valutare la difficoltà di problemi specifici nella teoria geometrica dei gruppi e riguardanti l'entropia algebrica.</p>	<p>The course treats classical topics of geometric group theory and dynamical systems of algebraic origin, with particular attention to entropy and growth of group endomorphisms, both in the discrete and in the topological case.</p> <p><b>Sector-specific skills</b>  <i>Knowledge and understanding:</i>          Understand and know the basic concepts and the fundamental results of geometric group theory.          Understand and know the recent results regarding algebraic dynamical systems and their entropies.          Know the modern problems related to the theory treated in the course.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i>          Apply the learned theory to solve the proposed exercises and analogous problems. Identify the relationships between the theory treated in the course and the problems or theories in different fields.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b>  <i>Making judgments:</i>          Find the most suitable algebraic techniques to solve the assigned problems.          Evaluate the difficulty of specific problems in geometric group theory and regarding the algebraic entropy.          Judge independently the correctness of the proofs even in research articles in the field of the course.</p>	Primo biennio della Laurea Triennale

		<p>Giudicare autonomamente la correttezza delle dimostrazioni anche in articoli di ricerca nell'ambito trattato nell'insegnamento.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare in modo chiaro e logico gli argomenti appresi nell'insegnamento. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica e qualche problema attuale.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Studiare in maniera autonoma, a partire dalla bibliografia consigliata.</p>	<p><i>Communication skills:</i> Introduce clearly and logically the topics learned in the course. Be able to present to a non-specialist public the fundamental aspects of the classical theory and some modern problems.</p> <p><i>Learning skills:</i> Be able to read a research article in the specific field of the course. Work autonomously in bibliographic research. Study independently, starting from the recommended bibliography.</p>	
Topologia I	MAT/02	<p>Il corso fornisce un'introduzione classica agli aspetti fondamentali della topologia generale: teoria degli spazi metrici e topologici, con particolare attenzione ai concetti di compattezza, connessione, metrizzazione e dimensione, con applicazioni ai sistemi dinamici. Uno scopo primario del corso è lo sviluppo di tecniche di tipo topologico, insiemistico e/o geometrico, apprese nei corsi fondamentali, nello studio di problemi topologici.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali di topologia generale e dinamica topologica. Conoscere alcuni problemi moderni in topologia, rilevandone le difficoltà. Saper utilizzare un linguaggio moderno nella formulazione di problemi topologici</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper affrontare e risolvere con linguaggio</p>	<p>The aim of the course is to introduce the student to the topological structures related to algebra, as topological groups and rings and function spaces; illustrate the connections to other areas, as Logic, Algebra, Geometry, Analysis, Computer Science, Dynamical Systems, etc.</p>	Primo biennio della Laurea Triennale

		<p>moderno o elementare alcuni problemi classici della topologia. Saper individuare relazioni tra questioni topologici e problemi o teorie di ambito diverso.</p> <p>Saper risolvere problemi topologici anche al di fuori di quelli specificamente trattati nel corso</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>Saper individuare le tecniche insiemistiche, analitiche o geometriche più adatte nel risolvere problemi assegnati. Saper valutare la difficoltà di problemi topologici specifici.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p> <p>Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria nell'ambito della topologia generale e la dinamica topologica, appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica e qualche problema moderno della topologia generale e le dinamica topologica.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i></p> <p>Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi.</p>		
Topologia II	MAT/02	<p>Il corso fornisce un'introduzione classica agli aspetti fondamentali dell'algebra topologica: teoria dei gruppi topologici, con particolare attenzione alla dualità di Pontryagin e le applicazioni all'analisi funzionale, alla teoria dei numeri e ai sistemi dinamici. Uno scopo primario del corso è lo sviluppo di tecniche di tipo algebrico, topologico e analitico, apprese nei corsi fondamentali, nello studio di problemi dell'algebra topologica.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p>	The aim of the course is to introduce the student to the topological structures related to algebra, as topological groups and rings and function spaces; illustrate the connections to other areas, as Logic, Algebra, Geometry, Analysis, Computer Science, Dynamical Systems, etc.	Primo biennio della Laurea Triennale

	<p><i>Conoscenza e comprensione:</i>  Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali dell'algebra topologica. Conoscere alcuni problemi moderni in algebra topologica, rilevandone le difficoltà. Saper utilizzare un linguaggio moderno nella formulazione di problemi dell'algebra topologica.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>  Saper affrontare e risolvere con linguaggio moderno o elementare alcuni problemi tipici dell'algebra topologica. Saper individuare relazioni tra questioni dell'algebra topologica e problemi o teorie di ambito diverso. Saper risolvere problemi dell'algebra topologica anche al di fuori di quelli specificamente trattati nel corso.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i>  Saper individuare le tecniche algebriche, topologiche e analitiche più adatte nel risolvere problemi assegnati.  Saper valutare la difficoltà di problemi dell'algebra topologica specifici.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i>  Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria nell'ambito della topologia generale e la dinamica topologica, appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica e qualche problema moderno dell'algebra topologica.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i>  Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato.  Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi</p>		
--	--	--	--

Geometria algebrica I	MAT/03	<p>Il corso intende introdurre i concetti elementari della geometria algebrica quali quelli di varietà affine, di varietà proiettiva, di ideale di una varietà, di morfismo tra varietà affini o proiettive e di applicazione birazionale tra due varietà affini o proiettive. Dove necessario, si intende presentare i concetti basilari dell'algebra commutativa da usare in geometria algebrica, quali il teorema degli zeri di Hilbert, proprietà elementari dei moduli su un anello, funzione di Hilbert.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali della teoria presentata.</p> <p>Conoscere alcuni problemi classici di geometria algebrica, rilevandone le difficoltà.</p> <p>Saper utilizzare un linguaggio classico nella formulazione di problemi di geometria algebrica.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Saper affrontare e risolvere con linguaggio classico alcuni problemi classici della geometria algebrica</p> <p>Saper individuare relazioni tra questioni di geometria algebrica e problemi o teorie di ambito diverso</p> <p>Saper risolvere problemi anche al di fuori di quelli specificamente trattati nel corso</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>Saper individuare le tecniche analitiche, algebriche o geometriche più adatte nel risolvere problemi assegnati.</p> <p>Saper valutare la difficoltà di problemi di geometria algebrica specifici.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p>	<p>The aim of the course is to introduce the elementary concepts of Algebraic Geometry such as affine varieties, projective varieties, ideal of a variety, morphism of affine or projective varieties and bi-rational morphism of two affine or projective varieties. When necessary, there will be presented the basic concepts of Commutative Algebra to be used in Algebraic Geometry, such as Hilbert Nullstellensatz, elementary properties of modules over a ring, Hilbert function.</p> <p>The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i></p> <p>To know some basic concepts and results of the course.</p> <p>To know some problems of classical algebraic geometry, recognizing their difficulty.</p> <p>To know how to use the classical language in formulating algebraic geometry problems.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i></p> <p>To know how to deal with and solve with classical language some classical problems of algebraic geometry.</p> <p>To find relationships between issues of algebraic geometry and problems or theories in different fields.</p> <p>To know how to solve problems beyond those discussed during the course</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgements:</i></p> <p>To know how to find the most appropriate analytical, algebraic, or geometric techniques in solving assigned problems.</p> <p>To address the difficulty of specific problems in algebraic geometry.</p> <p><i>Communication skills:</i></p>	<p>Primo biennio della Laurea Triennale</p> <p>first two years of first-level degree in Mathematics</p>
-----------------------	--------	--	--	---

		<p>Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica della geometria algebrica proiettiva.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i></p> <p>Riuscire a leggere un libro a livello di dottorato di ricerca nello specifico ambito trattato.</p> <p>Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica</p> <p>Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi</p>	<p>To introduce, orally and in writing, a subject, or a mathematical theory, learned during the course.</p> <p>Being able to present to a non-specialist public the salient aspects of classical theory of projective algebraic geometry.</p> <p><i>Learning skills:</i></p> <p>to be able to read a graduate degree book in the fields covered by the course.</p> <p>To work independently in literature search.</p> <p>To address the proposed problems by selecting independently the most meaningful ones.</p>	
Geometria algebrica II	MAT/03	<p>Il corso intende approfondire alcuni aspetti della geometria algebrica contemporanea quali ad esempio una conoscenza delle tecniche elementari della teoria degli schemi oppure della teoria delle superficie razionali oppure della teoria delle varietà abeliane oppure alcuni aspetti specifici della teoria delle curve</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali della teoria presentata. Conoscere alcuni problemi moderni di geometria algebrica, rilevandone le difficoltà. Saper utilizzare un linguaggio moderno nella formulazione di problemi di geometria algebrica.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Saper affrontare e risolvere con linguaggio moderno o elementare alcuni problemi classici della geometria algebrica. Saper individuare relazioni tra questioni di geometria algebrica e problemi o teorie di ambito diverso. Saper risolvere problemi anche al di fuori di quelli specificamente trattati nel corso.</p>	<p>The aim of the course is to deepen some specific aspects of contemporary Algebraic Geometry such a knowledge of the elementary techniques of the theory of schemes, or the theory of rational surfaces, or the theory of abelian varieties or some specific aspects of the theory of the curves.</p> <p>The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i></p> <p>To know some basic concepts and results of the course.</p> <p>To know some modern problems of algebraic geometry, recognizing their difficulty.</p> <p>To know how to use the modern language in formulating algebraic geometry problems.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i></p> <p>To know how to deal with and solve with modern or elementary language some classical problems of algebraic geometry.</p> <p>To find relationships between issues of algebraic geometry and problems or theories in different fields.</p> <p>To know how to solve problems beyond those discussed during the course</p>	<p>Primo biennio della Laurea Triennale</p> <p>First two years of first-level degree in Mathematics</p>

		<p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Saper individuare le tecniche analitiche, algebriche o geometriche più adatte nel risolvere problemi assegnati. Saper valutare la difficoltà di problemi di geometria algebrica specifici.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica e qualche problema moderno di geometria algebrica proiettiva.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi</p>	<p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgements:</i> To know how to find the most appropriate analytical, algebraic, or geometric techniques in solving assigned problems. To address the difficulty of specific problems in algebraic geometry.</p> <p><i>Communication skills:</i> To introduce, orally and in writing, a subject, or a mathematical theory, learned during the course. Being able to present to a non-specialist public the salient aspects of classical theory and some modern problem of projective algebraic geometry.</p> <p><i>Learning skills:</i> to be able to read a research paper in the fields covered by the course. To work independently in literature search. To address the proposed problems by selecting independently the most meaningful ones.</p>	
Geometria superiore	MAT/03	<p>Il corso tratta aspetti della geometria delle varietà di Riemann, che si prestano anche ad una formalizzazione di esse per mezzo di tecniche dell'algebra omologica moderna. Si propone di introdurre lo studente all' uso di alcune tecniche particolarmente astratte utilizzate nella ricerca attuale.</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere i concetti di base della geometria delle varietà complesse. Conoscere i concetti fondamentali della geometria Riemanniana nella loro interazione con la classe delle varietà proiettive.</p>	<p>We present some topics of Riemannian Geometry, which can be formalized by the techniques of modern homological algebra. We introduce some abstract techniques used in modern research. We expect the student:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and Understanding :</i> To understand basic complex geometry To understand those basic topics of Riemann geometry useful to study the class of projective varieties. To use the language of differential forms and of vector bundles in the case of complex varieties.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i></p>	Laurea triennale

		<p>Saper utilizzare il linguaggio delle forme differenziali e dei fibrati vettoriali nel caso delle varietà complesse.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Saper affrontare e risolvere alcuni problemi classici della geometria algebrica in dimensione bassa mediante il linguaggio della geometria differenziale complessa.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>Saper individuare le tecniche algebro-geometriche e di geometria differenziale più adatte nel risolvere problemi assegnati.</p> <p>Saper riconoscere la natura della dipendenza della struttura complessa di molte costruzioni utilizzate.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p> <p>Redigere autonomamente delle dimostrazioni matematiche.</p> <p>Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i></p> <p>Studiare in maniera autonoma, a partire dalla bibliografia consigliata. Affrontare e risolvere i problemi proposti, in un tempo ragionevole.</p>	<p>To be able to tackle with classical problems of low dimensional algebraic geometry by the methods of complex geometry.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/Soft skills</b></p> <p><i>Making judgments:</i></p> <p>To be able to select the techniques of algebraic-geometry and of differential geometry suitable to solve the assigned problems.</p> <p>To be able to understand the dependence from the complex structure of many of the construction presented in the course.</p> <p><i>Communications Skills:</i></p> <p>To be able to write a correct mathematical proof without any help; to be able to explain at the blackboard an argument or a mathematical theory learned in the course.</p> <p><i>Learning skills:</i></p> <p>To be able to study on the recommended bibliography and to be able to solve in due time the proposed problems.</p>	
Teoria dei numeri	MAT/03	<p>Il corso è fornire una introduzione classica ad uno degli aspetti fondamentali della teoria dei numeri: le equazioni diofantee, l'approssimazione diofantea e la trascendenza, la teoria analitica dei numeri, oppure la teoria algebrica. Uno scopo primario del corso è lo sviluppo di tecniche di tipo algebrico, analitico e/o geometrico, apprese nei corsi fondamentali, nello studio di problemi aritmetici.</p> <p>Lo studente dovrà:</p>	<p>The student will learn how to use in arithmetical contexts his abilities in analysis, algebra and geometry, acquired during the first years of his studies.</p> <p>He will learn the classical results in analytic number theory, obtained by Euler, Gauss, Lagrange, Riemann, Dirichlet, up to a complete proof of the Prime Number Theorem, hence learning to apply the theory of Fourier transform to concrete problems.</p>	Primo biennio della Laurea Triennale

	<p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i>  Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali di teoria dei numeri  Conoscere alcuni problemi moderni in teoria dei numeri, rilevandone le difficoltà  Saper utilizzare un linguaggio moderno nella formulazione di problemi aritmetici</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>  Saper affrontare e risolvere con linguaggio moderno o elementare alcuni problemi classici della teoria dei numeri  Saper individuare relazioni tra questioni aritmetiche e problemi o teorie di ambito diverso  Saper risolvere problemi aritmetici anche al di fuori di quelli specificamente trattati nel corso</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i>  Saper individuare le tecniche analitiche, algebriche o geometriche più adatte nel risolvere problemi assegnati.  Saper valutare la difficoltà di problemi aritmetici specifici.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i>  Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso.  Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica e qualche problema moderno nella teoria dei numeri analitica, algebrica o diofantea.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i>  Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato.  Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica  Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi</p>	<p>He will be able to attack some arithmetic problems that can be solved by making use of sieve methods or the analytic study of zeta, L or theta functions</p> <p>In general, he will be able to detect the links between arithmetical problems and questions or theories of different nature.</p> <p>In addition, the student will become acquainted with some open problems and conjectures, which will be discussed in order to show their difficulty and their relationships with other mathematical problems.</p>	
--	--	---	--

Topologia algebrica	MAT/03	<p>Lo studente dovrà acquisire conoscenze nella topologia algebrica, dovrà esser in grado di comunicare abilmente tali conoscenze, acquisite per mezzo di un lavoro individuale incentrato su una meditazione costante sui contenuti presentati dal docente a lezione. Saranno altresì organizzate circa 30 ore di seminario, da tenersi nel semestre successivo, dedicate all'approfondimento delle conoscenze acquisite, per mezzo di incontri seminariali organizzati dal docente. L'esame è mirato ad accertare che l'apprendimento dei contenuti presentati nel corso non consista in una superficiale quanto inutile e dannosa memorizzazione degli stessi, ma in una capacità di utilizzare le teorie presentate al fine di risolvere esercizi non banali o alla produzione di interessanti costruzioni topologiche.</p> <p>Un secondo obiettivo dell'esame orale, della durata media di un'ora e 45 minuti per ciascun allievo, consiste nel consolidamento delle abilità comunicative del discente e il perfezionamento delle sue capacità di organizzare una comunicazione efficace dei contenuti studiati.</p>	<p>The student will have to obtain the basics of algebraic topology. He should become able to present neatly his understandings. This, on average, is possible only after a hard and unavoidable individual meditation on the contents presented on the blackboard by the teacher. A seminar of approximately 30 hours will be organized to deepen and to extend the content presented in the course.</p> <p>The exam is meant to establish whether the student has understood the theory and not merely to check his capability of memorizing mathematical proofs; this last activity is detrimental to the developing of mathematical skills. On the contrary, the aim is focused to help using the learned techniques to solve interesting mathematical problems or to construct non-trivial topological objects. Moreover, the exam is meant to help the student to strengthen his ability to communicate and to present in an effective way the contents he has learned.</p>	Geometria I, Geometria II, Analisi I, Analisi II e Algebra I. Geometry I, Geometry II, Analysis I, Analysis II and Algebra I.
Analisi superiore	MAT/05	<p>Il corso vuole introdurre gli studenti a uno o più dei filoni dell'analisi matematica che si sono sviluppati dalla fine dell'ottocento in poi. L'analisi moderna ha un grande valore culturale intrinseco, si presta a numerose applicazioni, ed è prerequisito naturale per chi volesse proseguire gli studi di matematica. Argomenti tipici fra cui scegliere possono essere: introduzione o approfondimenti della teoria della misura, dell'analisi funzionale, del calcolo delle variazioni, delle equazioni differenziali alle derivate parziali, dei sistemi dinamici e dell'analisi armonica.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p>	<p>The course intends to introduce the students to one or more of the Mathematical Analysis fields that have developed since the end of the nineteenth century. Modern analysis has a great intrinsic cultural value, lends itself to many applications, and is a natural prerequisite for those who want to continue math studies. Typical topics to choose from can be: introduction or insights into measure theory, functional analysis, calculus of variations, ordinary and partial differential equations, dynamical systems, and harmonic analysis.</p> <p>The student will have to:</p>	Istituzioni di Analisi Superiore, I parte

		<p><i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere i concetti fondamentali presentati nel corso.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper applicare gli elementi teorici presentati nella risoluzione di problemi specifici, come ad esempio problemi di massimo e/o minimo, equazioni differenziali ordinarie o alle derivate parziali.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Saper individuare le tecniche più adatte nel risolvere problemi assegnati o applicativi, anche fuori dal contesto specifico dell'analisi.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Redigere autonomamente delle dimostrazioni matematiche. Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appresi durante il corso.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Studiare in maniera autonoma, a partire dalla bibliografia consigliata. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi.</p>	<p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i> Know the basic concepts presented in the course.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i> Know how to apply the theoretical elements in the resolution of specific problems, such as maximum and / or minimum problems, ordinary or partial differential equations.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgments:</i> Know how to locate the most appropriate techniques in solving assigned problems or applications, even outside the specific context of the field of mathematical analysis.</p> <p><i>Communication Skills:</i> Self-compiling mathematical proofs; introduce, in an oral and written way, a subject, or a mathematical theory, from those learned when attending the course.</p> <p><i>Learning skills:</i> Study independently, starting with the recommended bibliography. Address the proposed problems by selecting the most meaningful ones independently.</p>	
Complementi di Analisi Matematica	MAT/05	Il corso intende coltivare negli studenti le capacità di modellizzazione matematica dei fenomeni naturali governati dalle PDE e dal Calcolo delle Variazioni, le abilità nel cogliere gli aspetti qualitativi dei problemi e le abilità risolutive. Particolare risalto viene dato ai problemi dell'equilibrio elastico e delle strutture.	The course intends to educate students on the mathematical modeling capabilities of natural phenomena governed by PDEs and Variation Calculation, skills to recognize qualitative aspects of problems and abilities in their resolution. Particular emphasis is given to elastic equilibrium problems and structures.	
Teoria qualitativa dei sistemi dinamici	MAT/05	Il corso vuole introdurre gli studenti a diversi aspetti della teoria dei sistemi dinamici continui e discreti utilizzando metodi di tipo topologico e analitico con applicazioni alla teoria qualitativa delle equazioni differenziali negli spazi di dimensione finita e sulle varietà. In particolare,	The aim of the course is to introduce students to different aspects of the theory of continuous and discrete dynamical systems using topological and analytical methods, with applications to the qualitative theory of differential equations in finite dimensional	

	<p>verranno considerate proprietà fondamentali relative allo studio dei punti di equilibrio e delle orbite periodiche, nonché la loro stabilità o instabilità e la possibile presenza di dinamiche complesse (caos deterministico). Durante il corso verranno altresì introdotti e sviluppati alcuni importanti metodi topologici di analisi non lineare, relativi alla teoria dei punti fissi e delle loro applicazioni, in modo che lo studente interessato possa acquisire degli utili strumenti per affrontare problemi di ricerca di interesse attuale.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b>  <i>Conoscenza e comprensione:</i>  Conoscere e comprendere i concetti fondamentali presentati nel corso.  <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>  Saper applicare gli elementi teorici presentati nel corso nella risoluzione di problemi specifici attinenti modelli matematici basati sulle equazioni differenziali.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b>  <i>Autonomia di giudizio:</i>  Saper individuare le tecniche più adatte per affrontare alcuni problemi assegnati di tipo teorico o applicativo.  <i>Abilità comunicative:</i>  Essere in grado di sviluppare autonomamente delle dimostrazioni matematiche basate sulle tecniche apprese durante il corso.  Presentare, a voce e per iscritto un argomento appreso durante il corso, o anche un argomento nuovo sotto forma di seminario o breve relazione.  <i>Capacità di apprendimento:</i>  Studiare in maniera autonoma, riorganizzando in</p>	<p>spaces and manifolds. In particular, during the course, some fundamental properties will be presented about equilibrium points and periodic orbits as well as their stability or instability. Moreover, the possible presence of complex dynamics (deterministic chaos) will be investigated. During the course, some important topological methods of nonlinear analysis of fixed-point theory and their applications will be introduced and developed so that the interested student can acquire useful tools to address current research issues. The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b>  <i>Knowledge and understanding</i>  Know and understand the fundamental concepts presented in the course.  <i>Applying knowledge and understanding</i>  Know how to apply the theoretical elements presented in the course for the solution of specific problems related to mathematical models based on differential equations.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b>  <i>Making judgements</i>  Know how to identify the most appropriate techniques for dealing with certain theoretical or applicative problems.  <i>Communication skills</i>  Being able to independently develop mathematical demonstrations based on techniques learned during the course. Introduce, in oral or written form, a topic learned during the course, or even a new topic in the form of a seminar or short report.  <i>Learning skills</i>  Study independently, by reorganizing the notes taken at the lessons, using the recommended bibliography; be able to search</p>	
--	---	---	--

		<p>modo produttivo gli appunti presi a lezione, utilizzando la bibliografia consigliata, facendo ricerche, mediante le banche dati, su autori ed argomenti segnalati nel corso.</p> <p>Affrontare eventuali esercizi e problemi proposti, individuando anche in modo autonomo possibili temi di ricerca, ad esempio in vista di una possibile tesi.</p>	<p>through databases, authors and topics reported in the course.</p> <p>To face possible exercises and problems, individually identifying possible research topics, for example in view of a possible thesis.</p>	
Fisica moderna	FIS/01	<p>Il corso fornisce un'introduzione alla meccanica quantistica (non relativistica) e alla meccanica statistica, sia classica (moto browniano, statistica di Maxwell-Boltzmann) che quantistica. Sarà introdotto il formalismo matematico della meccanica quantistica, nelle sue varie forme, e descritti problemi di interpretazione tuttora aperti.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità legate alla disciplina</b>  <i>Conoscenza e comprensione:</i>  apprendere e comprendere le basi sia matematiche che fisiche della meccanica statistica e della meccanica quantistica non relativistica; conoscere le loro principali applicazioni alla struttura della materia che ci circonda.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>  saper risolvere semplici problemi di meccanica statistica e quantistica; saper prevedere qualitativamente il comportamento di semplici sistemi alla luce dei risultati della meccanica statistica e quantistica; saper derivare relazioni semplici ma non ovvie fra grandezze fisiche a partire da leggi fondamentali.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b>  <i>Autonomia di giudizio:</i>  Essere capace di dare stime di grandezze fisiche sulla base di qualche dato noto e delle leggi della</p>	<p>The lectures are trimmed for one-semester course. The requirements are elementary classical physics and calculus. The aim is an introduction to Modern Physics necessarily concise and schematic but quantitatively accounting of the main frames of Special Relativity, of Quantum Physics and its implications. These topics are strictly interrelated and the presentation will be supplied with enough analytic tools to allow a full understanding of the contents and of its consequences. The structure and the meaning of the lectures aimed to the consolidation of the framework for the technology scientific research field imposes a selection of topics most adaptable from the point of view of the physical content and the mathematical formalism. Balancing between scientific ideas and experimental methods and applications.</p> <p><b>Sector-specific skills</b>  <i>Knowledge and understanding :</i>  The student will have a basic knowledge of the concepts of modern physics, identify its applications, the key new relevant aspects and the consequences. Be able to frame simple problems proposing solutions using the appropriate formalism.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i>  Avoiding an excess of attention for individual details the student will have to feel at ease</p>	

		<p>meccanica quantistica e statistica. Saper trovare il modo più semplice di risolvere un problema se può essere risolto in vari modi. Saper riconoscere risultati chiaramente sbagliati o in contrasto con leggi fisiche fondamentali.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Saper spiegare il ragionamento seguito per spiegare un fenomeno o per risolvere un problema, in modo conciso ma chiaro, senza ambiguità né di linguaggio matematico né nell'uso dei concetti, e senza fare assunzioni non esplicitate.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Studiare in maniera autonoma sulla bibliografia consigliata. Essere in grado di capire qualitativamente qualche risultato recente della ricerca in fisica. Individuare un problema o un argomento da approfondire per l'esame.</p>	<p>with the conceptual framework so to be able to face the possible needs of deepening individual concepts in the main and in neighbor fields looking to any possible cross-fertilization within the frames of scientific technological research.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b> <i>Making judgements:</i> The aim of the course is to stimulate to a deeper understanding of the today's most common advanced technology. To activate student's initiatives in this direction profiting of the very wide scenario in which today independent steps can be taken is within the targets of the course. To be able to frame the most favorable approach to verify simple physical hypothesis is the final aim.</p> <p><i>Communication skills:</i> discussing the proposed examples and exercises</p>	
Laboratorio di strumenti e misure fisiche	FIS/01	<p>Come esiti del corso si attende che gli studenti Abbiano acquisito conoscenze tali da permettere loro di valutare e scegliere i metodi sperimentali con cui esplorare un fenomeno fisico, dimostrando capacità di progettazione delle esperienze;</p> <p>Abbiano acquisito capacità di utilizzo e gestione degli strumenti di misura;</p> <p>Siano capaci di analizzare i risultati ottenuti, alla luce delle finalità dell'esperienza considerata;</p> <p>Sappiano comunicare in modo chiaro e privo di ambiguità i metodi usati, i risultati ottenuti e le loro conclusioni ed interpretazioni.</p>	<p>As a result of the course it is expected that the students- Are able to evaluate and choose the experimental methods with which to explore a physical phenomenon, demonstrating skills in the planning of experiments;- Have acquired the capacity to use and manage the measuring instruments;- Be able to analyze the results obtained, taking into account the aims of the experiment;- should be able to communicate clearly and without ambiguity the methods used, the results obtained and their conclusions and interpretations.</p>	<p>Aver superato gli esami dei corsi di Fisica Generale previsti nei piani di studio del Corso di laurea Triennale in Matematica. Knowledge of the contents of the General Physics courses.</p>
Particelle e interazioni fondamentali	FIS/01	<p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b> <i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali della fisica delle particelle</p>	<p>The student should be able to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b> <i>Knowledge and understanding:</i> Acquire some particle physics' basic concepts and results.</p>	<p>Analisi matematica I e Analisi matematica II.</p>

		<p>Conoscere le principali tecniche di rivelazione in esperimenti ai collisionatori adronici</p> <p>Conoscere i principi di funzionamento di un acceleratore.</p> <p>Conoscere alcuni dei problemi aperti in fisica delle particelle, esaminando gli approcci in corso per tentare di risolverli.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Saper affrontare e risolvere alcuni conti fondamentali (i.e: calcoli di relatività ristretta, computo di masse invarianti, composizione di momenti angolari e spin)</p> <p>Saper utilizzare un esempio di simulazione Monte Carlo di processi di collisione protone-protone ad un acceleratore</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>Saper individuare le tecniche sperimentali migliori per effettuare un certo tipo di misura (energia, impulso, carica, identità della particella)</p> <p>Saper valutare la difficoltà di problemi specifici.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p> <p>Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria, appresi durante il corso.</p> <p>Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti del Modello Standard e qualche problema moderno nella fisica delle alte energie.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i></p> <p>Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato.</p> <p>Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica</p> <p>Approfondire i temi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi</p>	<p>Acquire the knowledge on basic detection techniques of hadronic colliders experiments. Understand the working principles of an accelerator.</p> <p>Gain awareness of some outstanding problems in particle physics; consider the ongoing approaches and try to solve them.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i></p> <p>Be able to face up and solve some basic calculations (e.g.: special relativity calculations, invariant masses computations, angular momenta and spins compositions).</p> <p>Be able to run an example of Monte Carlo simulation of proton-proton collisions at the proton-proton Large Hadron Collider</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Judging ability:</i></p> <p>Be able to identify the best available experimental techniques for a specific type of measurements (energy, momentum, charge, particle's identification)</p> <p>Be able to evaluate the critical points related to a specific problem.</p> <p><i>Communication skills:</i></p> <p>Prepare and show scientific oral and written presentations on a specific topic</p> <p>Explain to a non-specialist public the key aspects of the Standard Model and some modern problems in high-energy physics</p> <p><i>Learning skills:</i></p> <p>Read a scientific paper on the chosen subject for the final exam</p> <p>Perform on a personal base a bibliographic search</p>	<p>Mathematical analysis I and Mathematical analysis II</p>
--	--	---	--	---

			Study the proposed topics in depth; selecting those which look like the most interesting ones	
Algoritmi Avanzati	INF/01	<p>Indice:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Algoritmica su stringhe</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Algoritmi e tecniche di base per la ricerca esatta su stringhe.</li> <li>○ Algoritmo Z, Knth-Morris-Pratt, Boyer-Moore</li> <li>○ Le strutture dati per la ricerca: Suffix Tries, Suffix Trees, Suffix Arrays</li> <li>○ Distanze</li> <li>○ La ricerca approssimata: programmazione dinamica</li> <li>○ Algoritmi e tecniche di base per la ricerca approssimata su stringhe</li> <li>○ Smith-Watermann, Landau-Vishkin</li> </ul> </li> <li>• <b>Algoritmi randomizzati</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Randomness e Algoritmica</li> <li>○ Algoritmi e tecniche di base</li> <li>○ Algoritmo di Rabin-Karp</li> <li>○ Universal Hashing</li> </ul> </li> <li>• <b>Algoritmi paralleli</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Algoritmi paralleli e distribuiti: modelli di calcolo</li> <li>○ Algoritmi e tecniche di base</li> <li>○ Algoritmo BoxSort</li> </ul> </li> </ul> <p>Lo/la studente/essa dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><b>1.1. Conoscenza e capacità di comprensione</b>  Conoscere le tecniche algoritmiche di base per l'analisi e l'indicizzazione di collezioni di stringhe, per l'algoritmica randomizzata, per l'algoritmica su architetture parallele o distribuite.</p>	<p>Index:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Algorithmics on strings</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Algorithms and basic techniques for exact pattern matching.</li> <li>○ Algorithms Z, Knth-Morris-Pratt, Boyer-Moore</li> <li>○ Data structures for string searching: Suffix Tries, Suffix Trees, Suffix Arrays</li> <li>○ Distances</li> <li>○ Approximate pattern matching: dynamic programming</li> <li>○ Algorithms and basic techniques for approximate pattern matching</li> <li>○ Smith-Watermann, Landau-Vishkin</li> </ul> </li> <li>• <b>Randomized algorithms</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Randomness and Algorithmica</li> <li>○ Algorithms and basic techniques</li> <li>○ Rabin-Karp algorithm</li> <li>○ Universal Hashing</li> </ul> </li> <li>• <b>Parallel algorithms</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Parallel and distributed algorithms: computation models</li> <li>○ Algorithms and basic techniques</li> <li>○ BoxSort algorithm</li> </ul> </li> </ul> <p>The student will be able to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p>	

	<p>Conoscere la collezione dei principali algoritmi e strutture dati utilizzati nei tre campi studiati.</p> <p><b>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b> Saper implementare disegnare ed analizzare algoritmi avanzati. Saper scegliere ed utilizzare strutture dati avanzate. Saper implementare algoritmi che siano in grado di sfruttare randomness e architetture non convenzionali</p> <p><b>Capacità trasversali / soft skills</b></p> <p><b>2.1 Autonomia di giudizio</b> Saper scegliere architettura e strutture dati adeguate per la soluzione di problemi algoritmici su stringhe. Saper valutare le possibilità offerte dalla randomizzazione. Saper valutare l'utilizzo di idee algoritmiche per le più popolari architetture non convenzionali. Saper valutare la complessità e la implementabilità di uno strumento algoritmico non elementare.</p> <p><b>2.2 Abilità comunicative.</b> Essere in grado di comunicare e argomentare in relazione a scelte algoritmiche, strutture dati, tecniche di disegno algoritmico/implementazione, ed architetture. Saper valutare i trade-off più significativi durante le scelte e la valutazione di una soluzione algoritmica proposta.</p> <p><b>2.3 Capacità di apprendimento</b> Saper valutare ed integrare nuove idee e tecniche algoritmiche/implementative, strutture dati e metodi di analisi della complessità computazionale.</p>	<p><b>1.1. Knowledge and understanding</b> Understand the basic algorithmic techniques for analyzing and indexing strings collections, for random algorithm, for algorithmic on parallel or distributed architectures. Know the collection of the main algorithms and data structures used in the three fields studied.</p> <p><b>1.2 Applying knowledge and understanding</b> Know how to deploy and analyze advanced algorithms. Know how to choose and use advanced data structures. Know how to implement algorithms that are able to exploit randomness and unconventional architectures</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><b>2.1 Making judgements</b> Know how to choose suitable architecture and data structures for solving algorithmic problems on strings. Know how to evaluate the possibilities offered by randomization. Know how to use algorithmic ideas for the most popular unconventional architectures. Know how to evaluate the complexity and implementability of a non-elemental algorithmic tool.</p> <p><b>2.2 Communication skills</b> Communicate and argue in relation to algorithmic choices, data structures, algorithmic design / implementation techniques, and architectures. Know how to evaluate the most significant trade-offs along the choices and the analysis of a proposed algorithmic solution.</p> <p><b>2.3 Learning skills</b> Know how to evaluate and integrate new ideas and algorithmic / implementation techniques, data structures and analytical methods of computational complexity.</p>	
--	--	--	--

Geometria Computazionale	INF/01	<p>Il corso esplora, anche attraverso esempi e modelli semplificati, strutture di dati e tecniche algoritmiche di base per affrontare alcuni problemi significativi di geometria piana. I principali approcci introdotti sviluppano tecniche di tipo divide-et-impera, plane-sweep e incrementale-randomizzato. Particolare attenzione è rivolta all'analisi della correttezza e della complessità computazionale degli algoritmi discussi.</p> <p>Al termine del corso lo studente avrà acquisito la capacità di individuare tecniche appropriate per affrontare problemi nell'ambito della geometria computazionale e di valutarne criticamente potenzialità, efficacia, prestazioni e robustezza.</p> <p><b>Programma Sintetico</b></p> <p>Problemi di robustezza dell'elaborazione di dati geometrici.</p> <p>Approcci generali alla soluzione di problemi di geometria piana:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Approccio divide-et-impera;</li> <li>- Tecniche di plane sweep;</li> <li>- Tecniche incrementali randomizzate.</li> </ul> <p>Problemi notevoli nell'ambito della geometria computazionale piana e analisi dei costi computazionali:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Convex hull;</li> <li>- Intersezioni di segmenti;</li> <li>- Partizioni di regioni poligonali: triangolazioni, mappe trapezoidali e suddivisioni monotone;</li> <li>- Problemi di point-location;</li> <li>- Problemi di prossimità: diagrammi di Voronoi e triangolazioni di Delaunay.</li> </ul> <p>Lo/la studente/essa dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p>1.1. <i>Conoscenza e capacità di comprensione</i></p>	<p>The course explores, also by means of examples and simplified models, basic data structures and algorithmic techniques to approach noteworthy problems of planar geometry.</p> <p>The main approaches being introduced exploit divide-et-impera, plane-sweep and randomized-incremental techniques. Particular attention is given to the analysis of the algorithms' correctness and computational costs.</p> <p>At the end of the course, the student will acquire the ability to identify appropriate techniques to address computational geometry problems and to assess their potential, effectiveness, performances and robustness.</p> <p><b>Short Syllabus</b></p> <p>Robustness issues of geometric data processing.</p> <p>General approaches to planar geometry problems:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Divide-et-impera approach;</li> <li>- Plane-sweep techniques;</li> <li>- Randomized-incremental techniques.</li> </ul> <p>Noteworthy problems of planar computational geometry and analysis of the related computational costs:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Convex hull;</li> <li>- Segment intersection;</li> <li>- Partitions of polygonal regions: triangulations, trapezoidal maps and monotone subdivisions;</li> <li>- Point-location problems;</li> <li>- Proximity problems: Voronoi diagrams and Delaunay triangulations.</li> </ul> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p>1.1. <i>Knowledge and understanding</i></p>	
--------------------------	--------	--	--	--

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conoscere alcuni approcci algoritmici di base della geometria computazionale e le relative applicazioni;</li> <li>- Conoscere i costi computazionali di algoritmi che risolvono problemi notevoli di geometria piana;</li> <li>- Essere consapevole delle problematiche di robustezza dell'elaborazione di dati geometrici.</li> </ul> <p><i>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Saper individuare tecniche appropriate per affrontare problemi nuovi con gli strumenti della geometria computazionale;</li> <li>- Essere in grado di valutare i costi computazionali delle soluzioni progettate;</li> <li>- Essere in grado di sviluppare programmi di media dimensione per affrontare problemi di geometria piana.</li> </ul> <p><b>Capacità trasversali / soft skills</b></p> <p><i>2.1 Autonomia di giudizio</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Saper analizzare i problemi al fine di identificare gli aspetti che si prestano ad essere affrontati con gli strumenti della geometria computazionale;</li> <li>- Essere in grado di confrontare e di valutare le implicazioni dell'applicazione di tecniche diverse alla risoluzione algoritmica di un problema geometrico.</li> </ul> <p><i>2.2 Abilità comunicative.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Essere in grado di usare un linguaggio preciso per presentare i risultati dell'analisi delle proprietà di un algoritmo.</li> </ul> <p><i>2.3 Capacità di apprendimento</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Essere in grado di orientarsi nell'ambito della geometria computazionale e di studiare autonomamente nuovi algoritmi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Knowledge of some basic computational geometry approaches and of their applications;</li> <li>- Knowledge of the computational costs of the algorithmic solutions of noteworthy planar problems;</li> <li>- Being aware of the robustness issues of geometric data processing.</li> </ul> <p><i>1.2 Applying knowledge and understanding</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Being able to identify appropriate techniques to address new problems with the tools of computational geometry;</li> <li>- Being able to assess the computational costs of the designed solutions;</li> <li>- Being able to develop medium-scale programs to address planar problems.</li> </ul> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>2.1 Making judgements</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Being able to analyze problems in order to identify what can be achieved with the tools of computational geometry;</li> <li>- Being able to compare and to assess the implications of different algorithmic techniques to solve a geometric problem.</li> </ul> <p><i>2.2 Communication skills.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Being able to use an accurate language to present the results of the analysis of an algorithm's properties.</li> </ul> <p><i>2.3 Learning skills</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Being able to study autonomously new computational geometry algorithms.</li> </ul>	
Informatica III	INF/01	Indice: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Teoria della Complessità</b></li> </ul>	Index: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Complexity Theory</b></li> </ul>	

- *Complessità in termini di Tempo e Spazio su Macchine di Turing e altri modelli classici*
- *Relazioni tra le classi di complessità*
- *Riduzioni, completezza e istanze di linguaggi nelle diverse classi*
- *Modelli di calcolo non standard: DNA e Quantum Computing*
- *Algoritmi su Grafi alla base della complessità computazionale: reachability, trace equivalence and bisimulation*
- **Information Theory**
  - *Concetti di base*
  - *Entropia e compressione dei dati*
  - *Mutua Informazione*
  - *Complessità di Kolmogorov*

Lo studente dovrà essere in grado di:

**Capacità relative alle discipline**

**1.1. Conoscenza e capacità di comprensione**

Definire formalmente i modelli classici di calcolo e le classi di complessità in tempo e spazio. Presentare alcuni elementi di ogni classe di complessità studiata. Enunciare e dimostrare i risultati della teoria della complessità presentati durante il corso. Definire i modelli di calcolo DNA e Quantum e confrontarli con i modelli classici. Descrivere gli algoritmi su grafi. Definire le nozioni standard della teoria dell'informazione. Descrivere i risultati classici sulla compressione dei dati presentati durante il corso.

**1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione**

Classificare i linguaggi in termini di complessità in tempo e spazio. Elaborare riduzioni tra i linguaggi. Definire e implementare algoritmi sui grafi per varianti dei problemi analizzati nel

- *Time and Space complexity on Turing Machines and other classical models*
- *Relationships between complexity classes*
- *Reductions, completeness and instances of languages in the different classes*
- *Non standard computational models: DNA and Quantum Computing*
- *Graph algorithms at the basis of computational complexity: reachability, trace equivalence and bisimulation*
- **Information Theory**
  - *Basic Concepts*
  - *Entropy and data compression*
  - *Mutual Information*
  - *Kolmogorov complexity*

The student should be able to:

**Sector-specific skills**

**1.1. Knowledge and understanding**

Formally define the classical models of computation and the time/space complexity classes.

Present some proper members of each studied complexity class.

Present and prove the complexity theory results presented during the course.

Define the DNA and Quantum models of computation and compare them with the classical models.

Describe algorithms on graphs.

Define the standard notions of Information Theory.

Present the classical results on data compression presented during the course.

		<p>corso. Modellare e risolvere problemi semplici della teoria delle informazioni: compressione dei dati e codifica del canale.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><b>2.1 Autonomia di giudizio</b> Stabilire se un problema può essere risolto in modo efficiente o no. Elaborare algoritmi efficienti per risolvere nuovi problemi. Introdurre vincoli per rendere un problema trattabile. Stimare le prestazioni di diversi sistemi di informazione e comunicazione.</p> <p><b>2.2 Abilità comunicative.</b> Motivare le soluzioni proposte. Spiegare quali condizioni aggiuntive potrebbero contribuire a risolvere il problema in modo più efficiente. Giustificare le scelte del modello computazionale e delle strutture dati. Spiegare i metodi di codifica e di compressione e i limiti informativi.</p> <p><b>2.3 Capacità di apprendimento</b> Trovare e sfruttare soluzioni esistenti su problemi correlati. Sfruttare nuovi strumenti per migliorare le complessità computazionali. Identificare e fornire soluzioni per problemi di teoria dell'informazione, codifica e comunicazione.</p>	<p><b>1.2 Applying knowledge and understanding</b> Classify languages in terms of time and space complexity. Elaborate reductions between languages. Define and implement algorithms over graphs for variants of the problems analysed in the course. Model and solve simple problems of Information Theory: data compression and channel coding.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><b>2.1 Making judgements</b> Establish whether a problem can be efficiently solved or not. Elaborate efficient algorithms for solving new problems. Eventually introduce constraints to make a problem tractable. Estimate performances of different information and communication systems.</p> <p><b>2.2 Communication skills.</b> Motivate the proposed solutions. Explain which additional conditions could help to solve the problem more efficiently. Justify the choices of the computational model and data structures. Explain coding and compression methods and information limits.</p> <p><b>2.3 Learning skills</b> Find and exploit existing solutions over related problems. Exploit new instruments for improving the computational complexities. Identify information, coding and communication problems/solutions.</p>	
Fondamenti della matematica	MAT/04	Il corso tratta uno o più dei seguenti argomenti: Sistemi classici e costruttivi per l'Aritmetica e la Teoria degli Insiemi e loro relazioni. La	The course deals with one or more of the following topics: classical and constructive systems for Arithmetic and Set Theory and	

		<p>fondazione insiemistica della matematica La crisi dei fondamenti, il programma di Hilbert e i teoremi di incompletezza di Goedel. Matematica senza infinito e matematica dell'infinito. Risultati di coerenza e di indipendenza.</p> <p>Obiettivo del corso è di fornire una buona conoscenza delle possibilità di definire e sviluppare le nozioni e strutture matematiche fondamentali, e di analizzarle criticamente, alla luce delle principali acquisizioni logico-matematiche del novecento.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Saper individuare ed applicare i metodi e le tecniche apprese durante il corso per trattare problematiche di carattere filosofico/fondazionale.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare e discutere a voce gli argomenti trattati nel corso.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Studiare in maniera autonoma, a partire dalle dispense del corso e dalla bibliografia di riferimento</p>	<p>their relationships. The set theoretic foundation of Mathematics and the foundational crises; Hilbert's programme and Godel's incompleteness theorems. Mathematics without infinity and Mathematics of the infinity. Consistency and independence results.</p> <p>The purpose of the course is to provide a good knowledge of the possibility of defining and developing the fundamental mathematical notions and structures for a critical analysis, based on the principal results of nineteenth century mathematical logic.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgements:</i> To select and apply the methods and techniques learned in the course in order to deal with philosophical/foundational issues</p> <p><i>Communication skills:</i> To verbally discuss the topics dealt with in the course</p> <p><i>Learning skills:</i> Self- study, based on the notes and the bibliography provided in the course</p>	
Matematiche complementari	MAT/04	<p>Obiettivi Formativi Specifici.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acquisire una prospettiva moderna e avanzata su alcuni argomenti che sono alla base della matematica insegnata nelle scuole superiori allo scopo di fornire i futuri insegnanti di solide basi teoriche riguardo a ciò che insegneranno</li> <li>• Sviluppare l'assiomatica della geometria piana giungendo ad una familiarità con le problematiche relative alla geometria neutrale (o assoluta), alla geometria euclidea e alla geometria non-euclidea e ad una capacità di lavorare con i loro vari modelli.</li> </ul>	<p>Specific educational objectives.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• To acquire a modern and advanced viewpoint on some topics taught at the high school level, with the goal of giving prospective teachers sound theoretical basis on topics they are going to teach.</li> <li>• To develop axiomatics of plane geometry, reaching familiarity with problems concerning neutral (aka absolute) geometry, euclidean geometry and non-euclidean geometry, including the ability to work with their models.</li> </ul>	<p>Primo biennio della Laurea Triennale First and second year of the Laurea Triennale</p>

		<p>Lo/la studente/essa dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><i>1.1. Conoscenza e capacità di comprensione</i> Conoscere lo sviluppo assiomatico della geometria piana. Comprendere le relazioni tra i vari assiomi e la loro indipendenza, testimoniata dai vari modelli.</p> <p><i>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione</i> Saper dimostrare i teoremi fondamentali della geometria piana nel contesto assiomatico appropriato. Saper giustificare tramite l'esibizione di modelli appropriati la non dimostrabilità di un risultato sulla base di una collezione ridotta di assiomi.</p> <p><b>Capacità trasversali / soft skills</b></p> <p><i>2.1 Autonomia di giudizio</i> Saper individuare gli assiomi necessari a risolvere problemi assegnati. Saper valutare la difficoltà di problemi di geometria piana specifici.</p> <p><i>2.2 Abilità comunicative</i> Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della geometria.</p> <p><i>2.3 Capacità di apprendimento</i> Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi.</p>	<p>Students should</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>1.1. Knowledge and understanding</i> know the axiomatic development of plane geometry; understand the relationships and the mutual independence between different axioms, as witnessed by various models.</p> <p><i>1.2 Applying knowledge and understanding</i> be able to prove the most fundamental theorems of plane geometry in the appropriate axiom system; be able to explain the improvability of a statement on the basis of a reduced set of axioms by using appropriate models.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/Soft skills</b></p> <p><i>2.1 Making judgements</i> be able to isolate the axioms needed to solve a given problem; be able to assess the difficulty of specific problems in plane geometry.</p> <p><i>2.2 Communication skills</i> expose, verbally and in writing, an argument or a mathematical theory studied during the course; be able to explain to a non-specialist audience the main features of plane geometry.</p> <p><i>2.3 Learning skills</i> be able to read a research paper dealing with the topics of the course; carry out an autonomous bibliographic search; deal with the problems assigned, selecting the most important.</p>	
Fisica Matematica	MAT/07	<p>Fornire agli studenti le basi classiche della teoria con cui vengono attualmente descritti i costituenti elementari della materia e le loro interazioni. Il corso risulterà utile per chi è interessato alla fisica contemporanea, e contiene applicazioni significative di idee sviluppate in corsi di geometria differenziale.</p>	<p>Give students the classical bases of the theory currently used to describe the elementary building blocks of matter and their interactions. The course will be useful for those interested in contemporary physics, and contains remarkable applications of ideas developed in courses on differential geometry.</p>	<p>Fisica generale; fisica moderna; meccanica razionale. Conoscenze basilari di geometria differenziale.</p>

		<p>Nel corso viene trattato un argomento scelto tra i numerosi temi caratterizzanti la fisica matematica moderna (teoria dei campi; teoria della gravitazione; meccanica statistica e teoria cinetica; meccanica analitica avanzata; meccanica quantistica; ...). L'obiettivo è di fornire agli studenti alcune tecniche con un ampio campo di applicabilità, oltre a una più robusta formazione culturale nelle discipline fisiche e matematiche. Lo studente dovrà:</p> <p><b>Conoscenze relative alle discipline</b>  <i>Conoscenza e comprensione:</i>  Conoscere la formulazione matematicamente rigorosa di una teoria fisica di importanza fondamentale.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>  Saper leggere e comprendere la letteratura contemporanea relativa all'argomento trattato nel corso.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b>  <i>Autonomia di giudizio:</i>  Riconoscere la rilevanza degli argomenti trattati nel contesto più ampio della fisica matematica contemporanea.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i>  Presentare, a voce e per iscritto, un argomento appreso durante il corso.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i>  Studiare in maniera autonoma, a partire dalla bibliografia consigliata. Riconoscere le connessioni fra nozioni avanzate di fisica e matematica.</p>		<p>General physics; modern physics; rational mechanics. Basic notions of differential geometry.</p>
Laboratorio di matematica computazionale	MAT/08	<p>Il corso vuole fornire allo studente un'adeguata familiarità nell'utilizzo del calcolatore come efficace ausilio allo studio teorico della matematica ed alle attività didattiche, applicative e di ricerca ad essa connesse. Si propone quindi</p>	<p>The course aims at getting the student adequately used to the utilization of computing facilities as effective and helpful tools towards the theoretical study of mathematics and of its related teaching,</p>	

	<p>di risolvere sperimentalmente alcuni problemi matematici che nascono in diversi contesti applicativi, accompagnando lo studente dal modello allo sviluppo di codici. Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Conoscenza e comprensione:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ conoscere gli aspetti base della mutua interazione tra matematica e calcolatore</li> <li>◦ comprendere la classe di problemi matematici a cui ascrivere il proprio modello</li> <li>◦ apprendere le linee guida per tradurre il problema matematico in un problema trattabile al calcolatore</li> </ul> </li> <li>• <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ sviluppare una capacità di auto-apprendimento di software matematici in genere</li> <li>◦ saper selezionare il software matematico meglio adatto alla risoluzione del problema e programmare i relativi codici per la risoluzione stessa</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Autonomia di giudizio:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ essere in grado di analizzare in maniera autonoma e critica i risultati del calcolatore in relazione a quelli attesi dalla teoria</li> </ul> </li> <li>• <i>Abilità comunicative:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ saper spiegare i processi computazionali in modo chiaro e comprensibile</li> <li>◦ saper rappresentare i risultati computazionali in maniera efficace</li> </ul> </li> </ul>	<p>applicative and research activities. It therefore consists in solving experimentally mathematical problems arising in diverse applicative contexts, driving the student from modeling to coding. The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Knowledge and understanding:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ know the basic aspects of the mutual interaction between mathematics and computer</li> <li>◦ understand the class of mathematical problems in which the model resides</li> <li>◦ learn the guidelines to translate the mathematical problem into a computable one</li> </ul> </li> <li>• <i>Applying knowledge and understanding:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ develop skills in self-learning general mathematical software</li> <li>◦ know how to select the mathematical software best suited to the solution of the problem and to program the relevant codes for obtaining the solution itself</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Making judgements:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ be able of analyzing in a critical and autonomous manner computer results in relation with theoretical expectation</li> </ul> </li> <li>• <i>Communication skills:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ know how to illustrate the computational processes in a clear and comprehensible fashion</li> <li>◦ know how to represent effectively the computational results</li> </ul> </li> </ul>	
--	--	--	--

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Capacità di apprendimento:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ saper affrontare in modo autonomo e critico problemi matematici con tecniche computazionali</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Learning skills:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ know how to tackle critically and autonomously mathematical problems with computational techniques</li> </ul> </li> </ul>	
Metodi numerici per equazioni differenziali	MAT/08	<p>Il corso ha l'obiettivo di completare le conoscenze di analisi numerica affrontando i metodi numerici per la risoluzione di sistemi di equazioni differenziali ordinarie con condizioni iniziali e condizioni ai limiti. Le equazioni differenziali ordinarie descrivono sistemi dinamici finito-dimensionali che possono essere studiati sperimentalmente attraverso i risultati delle simulazioni numeriche, ma l'analisi numerica è strumento essenziale per anche per il calcolo di equilibri e orbite periodiche e la relativa analisi di biforcazione. Si intende fornire un'introduzione alle tecniche di continuazione numerica.</p> <p>Il corso include delle attività di laboratorio in Matlab, per analizzare sperimentalmente le proprietà teoriche e le prestazioni dei metodi numerici attraverso la presentazione di alcuni casi di studio. Si vuole infatti sviluppare negli/le studenti/esse anche la capacità di analisi critica dei i risultati ottenuti.</p> <p>Le competenze acquisite permettono di proseguire lo studio della disciplina in ambito più avanzato e forniscono strumenti matematici utili in altri contesti applicativi. Infatti i modelli differenziali nascono anche nelle scienze naturali e sociali, nell'ingegneria, nella medicina, nella biologia e nell'economia.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità legate alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere i risultati fondamentali e le proprietà dei principali metodi numerici per le equazioni differenziali. Svolgere in laboratorio alcuni semplici esercizi in MATLAB.</p>	<p>The aim of the course is to teach how to solve numerically ordinary differential equations subject to initial conditions or boundary conditions. Ordinary differential equations describe finite-dimensional dynamical systems, which can be experimentally studied throughout numerical simulations. In this context, numerical methods play an important role in computation of equilibria and periodic orbits, and in their bifurcation analysis. The course also furnishes an introduction to numerical continuation techniques. Case studies in MATLAB will be used to experimentally analyze the theoretical properties and performance of numerical methods. The acquired skills allow to continue studying numerical analysis at advanced level, and provide useful mathematical tools relevant to various applications. Indeed differential models also arise in natural and social sciences, engineering, medicine, biology, and economics.</p> <p>The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i> Understand the fundamental results and properties of the major numerical methods for differential equations. Solve simple MATLAB exercises in the laboratory.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i> Know how to formulate mathematically and solve the fundamental problems for differential equations numerically. Know how to choose</p>	Teoria e metodi di Approssimazione

	<p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper formulare matematicamente e risolvere numericamente alcuni problemi per le equazioni differenziali. Saper valutare quale metodo risolutivo è più conveniente per un dato problema. Saper analizzare criticamente i risultati delle simulazioni numeriche.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Acquisire la capacità di risolvere numericamente i problemi per le equazioni differenziali, commentare e analizzare criticamente i risultati sperimentali contenuti in grafici e tabelle, confrontando le prestazioni di diversi algoritmi. Tali abilità mirano a sviluppare la maturità di giudizio e il senso critico. Le attività proposte in laboratorio favoriscono l'abitudine al lavoro di gruppo.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare i problemi matematici e i teoremi fondamentali e le proprietà dei metodi numerici per la loro risoluzione usando la terminologia appropriata. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria dei metodi di approssimazione delle equazioni differenziali. Si consigliano testi anche in inglese, per rendere familiare l'uso di tale lingua in ambito scientifico.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Affrontare i problemi proposti selezionando in maniera autonoma i metodi numerici per la loro risoluzione, trarre le conclusioni e comunicare efficacemente. La familiarità con il MATLAB, software matematico ampiamente usato nella ricerca scientifica e in ambiente lavorativo, fornisce loro un ulteriore strumento di conoscenza. Lo studente/la studentessa potrà affrontare la risoluzione numerica di problemi gradualmente più difficili, anche autonomamente. Le equazioni differenziali</p>	<p>the more suitable numerical method for solving a given problem and understand its limitation. Being able to critically analyze the results of numerical simulations.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making Judgements:</i> Acquire the ability to solve numerically differential problems, comment and critically analyze the numerical results by comparing the performance of different algorithms. Such skills aim to develop the maturity of judgment and the critical sense. The lab activities develops the habit of group work.</p> <p><i>Communication Skills:</i> Present mathematical problems, fundamental theorems and properties of numerical methods by using the appropriate terminology. Being able to present to a non-specialist public the salient aspects of numerical methods for differential equations. English texts are also recommended to make them familiar the language in the scientific context.</p> <p><i>Learning Skills:</i> Address the proposed problems by independently selecting the appropriate numerical method, draw conclusions, and communicate effectively. Familiarity with MATLAB provides them with an additional ability. The student will face the numerical solution of gradually more difficult problems, even independently. Differential equations apply to natural and social sciences, engineering, medicine, biology, and economics. Therefore, the acquired skills furnish useful mathematical tools for applications in various scientific areas.</p>	
--	--	--	--

		trovano applicazione nelle scienze naturali e sociali, nell'ingegneria, nella medicina, nella biologia e nell'economia. Tali competenze forniscono strumenti matematici utili anche in diversi ambiti scientifici.		
Sistemi dinamici applicati	MAT/08	<p>Si tratta di un corso avanzato orientato allo studio dei sistemi dinamici nei loro aspetti di carattere maggiormente numerico e applicativo. In primo luogo si intende affrontare le tematiche dei metodi numerici di continuazione come strumento essenziale per l'analisi di biforcazione di equilibri e orbite periodiche nel campo delle equazioni differenziali ordinarie. In secondo luogo si vuole sviluppare la teoria dei sistemi dinamici a tempo continuo su spazi di Banach con riferimento alle equazioni funzionali con ritardo (differenziali e integrali), proponendo lo studio della teoria dei semigrupp e dei loro generatori, la relativa teoria spettrale con riferimento alle tematiche di stabilità, l'analisi di metodi numerici per l'approssimazione degli operatori e dei loro spettri e l'applicazione nel contesto delle dinamiche di popolazioni, con enfasi su modelli di interesse nei campi dell'epidemiologia e dell'ecologia. Per il suo carattere avanzato, il programma del corso e le sue modalità d'esame potranno variare, anche in relazione agli interessi dei partecipanti.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Conoscenza e comprensione:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ conoscere gli aspetti base dell'analisi dinamica di un sistema</li> <li>◦ avere chiaro lo schema dell'analisi di stabilità locale attraverso il principio di linearizzazione</li> <li>◦ apprendere le linee guida per studiare i cambi di comportamento</li> </ul> </li> </ul>	<p>It is an advanced course devoted to the study of dynamical systems, mainly in their numerical and applicative aspects. First, it is aimed at studying numerical continuation as an essential tool for the bifurcation analysis of equilibria and periodic orbits in the field of ordinary differential equations. Second, the theory of continuous-time dynamical systems will be developed on Banach spaces, with reference to retarded functional equations (differential or integral), proposing the study of the theory of semigroups and their generators, the relevant spectral theory with connection to stability, the analysis of numerical methods for approximating operators and spectra and the application in the context of population dynamics, with particular emphasis on the models of interest in ecology and epidemiology. Due to its advanced character, both program and exam can be adapted, also in relation to the interest of the students.</p> <p>The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Knowledge and understanding:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ know the basic aspects of the analysis of the dynamics of a system</li> <li>◦ have clear the recipe for the local stability analysis based on the principle of linearization</li> <li>◦ learn the guidelines to study the changes in the dynamical</li> </ul> </li> </ul>	

		<p>dinamico al variare dei parametri coinvolti</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ comprendere i fondamenti dei metodi numerici di continuazione e di analisi spettrale, anche in contesti infinito-dimensionali</li> <li>◦ familiarizzare con alcune differenze essenziali dell'analisi in spazi a dimensione finita e infinita</li> <li>• <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ essere in grado di impostare l'analisi qualitativa e numerica di certe soluzioni e della loro stabilità</li> <li>◦ saper effettuare un'analisi base della dinamica al variare di parametri</li> <li>◦ saper applicare metodi numerici per lo studio della dinamica a modelli matematici anche realistici</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Autonomia di giudizio:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ saper individuare le fasi essenziali e i metodi adatti per l'analisi della dinamica</li> </ul> </li> <li>• <i>Abilità comunicative:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ saper presentare l'analisi dei comportamenti dinamici anche ad un pubblico non specialista</li> <li>◦ saper discutere le caratteristiche principali di certi modelli matematici</li> </ul> </li> <li>• <i>Capacità di apprendimento:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ approfondire in maniera autonoma a partire dalla bibliografia consigliata</li> <li>◦ estendere i risultati e i metodi appresi ad altri modelli</li> </ul> </li> </ul>	<p>behaviors due to varying parameters</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ understand the fundamentals of the methods of numerical continuation and spectral approximation, also in infinite-dimensional contexts</li> <li>◦ become familiar with some essential differences between spaces with finite and infinite dimension</li> <li>• <i>Applying knowledge and understanding:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ be able of setting the qualitative and numerical analysis of certain solutions and of their stability</li> <li>◦ know how to perform a basic analysis of the dynamics under parameter variation</li> <li>◦ know how to apply numerical methods to the study of the dynamics of mathematical models, also realistic ones</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Making judgements:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ know how to individuate the main steps and the suitable methods for the analysis of the dynamics</li> </ul> </li> <li>• <i>Communication skills:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ know how to illustrate the analysis of the dynamical behaviors also to a non-specialized audience</li> <li>◦ know how to discuss the principal features of certain mathematical models</li> </ul> </li> <li>• <i>Learning skills:</i></li> </ul>	
--	--	---	--	--

			<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ deepen the study autonomously starting from the suggested bibliography</li> <li>◦ extend results and methods also to other models</li> </ul>	
Teoria e Metodi di Approssimazione	MAT/08	<p>Il corso fornisce le conoscenze di base riguardo la teoria e i metodi numerici per l'approssimazione di dati e funzioni, di integrali e derivate. Il corso include una breve introduzione al MATLAB, software matematico ampiamente usato in molti ambiti di ricerca e lavorativi, e delle attività di laboratorio, per analizzare sperimentalmente le proprietà teoriche e le prestazioni dei metodi numerici attraverso la presentazione di alcuni casi di studio. Le competenze acquisite permettono di proseguire lo studio della disciplina in ambito più avanzato e forniscono strumenti matematici utili sia per l'informatica che in altri contesti applicativi. Infatti i problemi trattati nascono anche nelle scienze naturali e sociali, nell'ingegneria, nella medicina, nella biologia e nell'economia.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità legate alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere i risultati fondamentali e le proprietà dei principali metodi numerici di teoria dell'approssimazione, integrazione e derivazione. Apprendere le istruzioni base del software matematico MATLAB svolgendo in laboratorio alcuni semplici esercizi.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper formulare matematicamente e risolvere numericamente alcuni problemi classici della teoria dell'approssimazione. Saper valutare quale metodo risolutivo è più conveniente per un dato problema. Saper analizzare criticamente i risultati delle simulazioni numeriche. Tali competenze</p>	<p>The course provides basic knowledge of theory and numerical methods for approximating data and functions, integrals and derivatives. The course includes a brief introduction to MATLAB, a mathematical software widely used in many research fields and in the work environment, and laboratory activities to experimentally analyze the theoretical properties and the performance of the numerical methods. The acquired skills allow to continue studying numerical analysis at an advanced level, and provide useful mathematical tools relevant to various applications. The problems presented in the course also arise in computer science, natural and social sciences, engineering, medicine, biology, and economics.</p> <p>The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i> Understand the fundamental results and properties of the numerical methods to approximate functions, integrals and derivatives. Learn MATLAB basics by solving simple exercises.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i> Know how to formulate mathematically and solve numerically some classic problems of approximation theory. Know how to choose the more suitable numerical method for solving a given problem. Being able to critically analyze the results of numerical simulations.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p>	

		<p>forniscono strumenti matematici utili per le applicazioni che si incontrano sia in informatica che in altre discipline, quali le scienze naturali e sociali, nell'ingegneria, nella medicina, nella biologia e nell'economia.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Acquisire la capacità di risolvere semplici problemi di approssimazione, analizzando i risultati numerici e confrontando le prestazioni di diversi algoritmi. Tali abilità mirano a sviluppare la maturità di giudizio e il senso critico. Le attività proposte in laboratorio favoriscono l'abitudine al lavoro di gruppo.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare i problemi matematici presentati nel corso e le proprietà dei metodi numerici per la loro risoluzione usando la terminologia appropriata. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria e dei metodi di approssimazione.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Affrontare i problemi proposti selezionando in maniera autonoma i metodi numerici per la loro risoluzione, trarre le conclusioni e comunicare efficacemente.</p>	<p><i>Making Judgements:</i> Acquire the ability to solve simple approximation problems, analyzing numerical results and comparing the performance of different algorithms. Such skills aim to develop the maturity of judgment and the critical sense. The lab activities help develop group work.</p> <p><i>Communication Skills:</i> Present the approximation problems and the properties of the numerical methods for their resolution using the appropriate terminology. Be able to present to a non-specialist public the salient aspects of approximation theory and practice.</p> <p><i>Learning Skills:</i> Address the proposed problems by independently selecting numerical methods for their resolution, drawing conclusions, and communicating effectively. Familiarity with MATLAB, a mathematical software widely used in many scientific fields, provides with an additional ability.</p>	
Modelli e Algoritmi per le Decisioni	MAT/09	<p>Il corso presenta le principali metodologie modellistiche utilizzate nella risoluzione di problemi computazionalmente difficili, sia in ambito teorico che applicativo. Nel corso si analizzeranno tre linee di attacco a tali problemi ossia algoritmi esatti, algoritmi approssimati e algoritmi euristici (ricerca locale). Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere le principali nozioni di teoria dei grafi e la modellizzazione tramite grafi</p>	<p>The goal is to describe the main modeling techniques used for the solution of computationally hard problems (such as machine and personel scheduling). By the end of the course, the student should be capable of modeling a standard optimization problem such as those arising in planning and resource allocation, and to propose suitable approaches for its solution.</p>	corsi di base di natura matematico-algoritmica

	<p>Conoscere gli strumenti della programmazione lineare intera e le nozioni elementari di complessità computazionale</p> <p>Avere dimestichezza nella lettura/scrittura di modelli matematici formali e rigorosi</p> <p>Essere in grado di esprimere in forma algoritmica un processo risolutivo astratto, usando un linguaggio di programmazione o uno pseudocodice</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Saper riconoscere gli aspetti fondamentali nella formulazione di un modello per un problema di ottimizzazione reale (variabili, vincoli, obiettivo)</p> <p>Saper valutare la complessità computazionale di un problema e l'efficacia di un algoritmo</p> <p>Proporre soluzioni euristiche o sub-ottime per problemi particolarmente complessi</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>Essere in grado di applicare l'approccio algoritmico più adatto alla risoluzione di un particolare problema</p> <p>Essere in grado di aiutare a formulare in modo matematicamente corretto un problema di ottimizzazione del mondo produttivo/industriale</p> <p>Essere in grado di predisporre la stesura di un approccio algoritmico anche sviluppato da terzi</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p> <p>Conoscere il linguaggio della teoria dei grafi, dell'ottimizzazione e della matematica in generale</p> <p>Saper descrivere le difficoltà implementative di approcci troppo complessi</p> <p>Saper illustrare impedimenti teorici all'applicabilità di determinati algoritmi a problemi intrattabili da un punto di vista teorico-computazionale</p>		
--	---	--	--

		<p><i>Capacità di apprendimento:</i>  Studiare in maniera autonoma, a partire dalla bibliografia consigliata  Saper formulare i modelli opportuni per i problemi illustrati a lezione e per altri definiti in modo autonomo  Sperimentare con strumenti software o programmi scritti autonomamente alcune delle idee viste nel corso</p>		
Ottimizzazione Combinatoria	MAT/09	<p>Il corso presenta alcune classi fondamentali di problemi e metodologie dell'Ottimizzazione Combinatoria.  Al termine del corso lo studente dovrà:  <b>Capacità relative alla disciplina</b>  <i>Conoscenza e comprensione:</i>  conoscere metodi risolutivi per la PL/PLI basati sulla generazione di colonne;  conoscere la teoria della dualità ed i metodi Lagrangiani;  conoscere la teoria delle reti di flusso ed alcuni metodi risolutivi;  conoscere la programmazione dinamica ed alcune sue applicazioni alla risoluzione di problemi di ottimizzazione combinatoria;  conoscere gli argomenti di base della teoria dei matroidi ed alcune applicazioni in ottimizzazione combinatoria;  conoscere gli algoritmi risolutivi per alcuni classici problemi su grafi.  <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>  saper proporre ed utilizzare metodi risolutivi basati sulla generazione di colonne;  saper proporre ed utilizzare metodi risolutivi basati sul rilassamento lagrangiano dei vincoli;  essere in grado di formulare modelli di flusso per problemi combinatori/applicativi;</p>	<p>The course presents some fundamental classes of problems and methodologies of Combinatorial Optimization.  At the end of the course the student will:  <b>Sector-specific skills</b>  <i>Knowledge and understanding:</i>  know how to apply the column generation approach to solve models with an exponential number of variables;  know the theory of duality and Lagrangian methods;  know the theory of network flows and the algorithms for some classical network problems;  know about dynamic programming and its applications to solve combinatorial optimization problems;  know the basic arguments of matroid theory and its applications in combinatorial optimization;  know how to solve some classic problems on graphs.  <i>Applying knowledge and understanding:</i>  be able to propose and solve models that require a column generation approach;  be able to solve suitable problems using the Lagrangian relaxation of constraints;  be able to formulate flow models for</p>	

		<p>saper definire uno schema di programmazione dinamica e dedurre un algoritmo risolutivo per problemi con particolare struttura;  saper applicare gli algoritmi presentati nel corso per la risoluzione di semplici istanze dei problemi di cammino minimo, flusso a costo minimo, massimo flusso, albero di supporto di costo minimo, accoppiamento.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b>  <i>Autonomia di giudizio:</i>  saper individuare modelli ed algoritmi appropriati per problemi di ottimizzazione combinatoria.  <i>Abilità comunicative:</i>  saper presentare gli argomenti svolti nel corso con rigore formale e completezza.  <i>Capacità di apprendimento:</i>  essere in grado di approfondire autonomamente gli argomenti del corso in relazione ad aspetti formali non svolti in classe;  essere in grado di consultare la letteratura scientifica del settore.</p>	<p>combinatorial / applicational problems;  know how to define a dynamic programming scheme and deduce a resolution algorithm for problems with particular structure;  know how to apply the algorithms presented in the course to solve simple instances of the minimum path problem, the min cost flow problem, the maximum flow, the minimum spanning tree and matching problems.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b>  <i>Making judgments:</i>  Be able to identify suitable models and algorithms for combinatorial optimization problems.  <i>Communication skills:</i>  be able to present the subjects of the course with formal rigor and completeness.  <i>Learning skills:</i>  be able to consult the scientific literature of the discipline.</p>	
Teoria dei Giochi	MAT/09	<p>Il corso presenta argomenti classici di teoria delle decisioni e teoria dei giochi.  Al termine del corso lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b>  <i>Conoscenza e comprensione:</i>  conoscere la teoria dell'utilità e le sue motivazioni;  conoscere le principali tecniche risolutive per problemi di decisione;  conoscere i concetti fondamentali della teoria dei giochi e le forme di rappresentazione;  conoscere la teoria dei giochi competitivi, i suoi modelli e alcuni metodi per la determinazione degli equilibri;  conoscere la teoria ed i metodi risolutivi per i giochi cooperativi a due persone;</p>	<p>The course presents the main arguments of decision theory and game theory.  At the end of the course the student will</p> <p><b>Sector-specific skills</b>  <i>Knowledge and understanding:</i>  know the utility theory and its motivations;  know the main techniques for decision-making problems;  know the fundamental concepts of game theory and the forms of a game;  know the theory of competitive games and its models and issues;  know the theory and the methods of resolution for 2-persons cooperative games;  know the theory of games in characteristic form.</p>	

		<p>conoscere la teoria e le soluzioni dei giochi in forma caratteristica.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>saper modellare e risolvere semplici problemi di decisione;</p> <p>saper modellare e risolvere semplici situazioni di gioco.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>sapere individuare modelli e soluzioni per problemi di decisione/gioco.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p> <p>sapere presentare gli argomenti svolti nel corso con rigore formale e completezza.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i></p> <p>essere in grado di approfondire autonomamente gli argomenti del corso in relazione ad aspetti non svolti in classe;</p> <p>essere in grado di studiare autonomamente argomenti di teoria dei giochi non svolti nel corso.</p>	<p><i>Applying knowledge and understanding:</i></p> <p>Be able to model and solve simple decision problems;</p> <p>be able to model and solve simple game situations.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgments:</i></p> <p>Be able to identify models and solutions for decision / game problems.</p> <p><i>Communication skills:</i></p> <p>Be able to present the subjects of the course with rigor and completeness.</p> <p><i>Learning skills:</i></p> <p>Be able to consult the literature of the discipline.</p>	
Statistica I	SECS-S/01	<p>L'insegnamento introduce i modelli statistici e la loro corroborazione empirica. Presenta poi le procedure fondamentali dell'inferenza statistica ed alcune importanti applicazioni, sulla base del metodo dell'analogia per il reperimento di sintesi informative. I punti principali toccati nel corso sono: modelli probabilistici notevoli e distribuzioni campionarie di statistiche, esatte e asintotiche, e il metodo delta; la simulazione; i dati e la loro analisi preliminare; i dati come realizzazioni di variabili casuali; i modelli statistici, parametrici e non parametrici; la corroborazione empirica del modello statistico; sintesi campionarie informative sui parametri ignoti del modello statistico e statistiche sufficienti minimali; la stima puntuale e i metodi</p>	<p>The course is an introduction to statistical modeling and inference. It presents the main procedures of frequentist statistical inference, point estimation, statistical tests, confidence intervals. In detail: special probability models; exact and asymptotic (delta method) sampling distributions of statistics; stochastic simulation; data and preliminary data analysis; data as realization of random variables; parametric and non-parametric statistical models; sufficient statistics; methods of point estimations; important examples of testing procedures and of interval estimation.</p> <p>The student will have:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i></p>	<p>Non sono previste propedeuticità, ma sono comunque necessarie le competenze acquisite nei corsi di Probabilità I, Analisi Matematica I e II, Geometria I. Good acquaintance with Probability,</p>

	<p>di stima; introduzione ai test di verifica di ipotesi statistiche e la stima intervallare: alcuni esempi notevoli.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Conoscenze relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Conoscere gli elementi fondamentali del calcolo delle probabilità utili per descrivere e rappresentare fenomeni aleatori, sia in ambito univariato che multivariato</p> <p>Comprendere l'utilità dei modelli statistici per la ricerca nell'ambito delle scienze biologiche, ingegneristiche ed economico-sociali</p> <p>Conoscere e comprendere gli elementi di base dell'inferenza statistica</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Essere in grado di utilizzare i metodi statistici per descrivere, analizzare e interpretare dati relativi ad esperimenti casuali elementari quali il campionamento casuale semplice</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>Saper scegliere il modello e i metodi statistici più appropriati per analizzare uno specifico esperimento casuale e per interpretarne i risultati</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p> <p>Saper presentare, anche oralmente, in modo convincente e corretto l'uso di uno specifico modello statistico, motivando i risultati ottenuti e giustificando la metodologia adottata</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i></p> <p>Riuscire a capire i contenuti di un testo avanzato di teoria dell'inferenza statistica e ad acquisire conoscenze più specifiche su modelli statistici complessi.</p>	<p>To know the elements of Probability Theory useful to describe and represent random phenomena, both univariate and multivariate</p> <p>To understand the usefulness of statistical models for biological, technological and socio-economic sciences</p> <p>To know and understand the basic elements of statistical inference</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i></p> <p>To be able to use statistical methods to describe, analyze and interpret data obtained from random experiments such as simple random sampling.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgements:</i></p> <p>To be able to choose model and statistical methods apt to analyze a particular random experiment; to be able to interpret the result of a statistical procedure</p> <p><i>Communication skills:</i></p> <p>To be able to present, also in oral form, in a convincing and correct way, the fitting of a particular statistical model, explaining the obtained results and giving reasons motivating the adopted methodology</p> <p><i>Learning skills:</i></p> <p>To be able to understand the contents of a text on theoretical statistics and to acquire in-depth knowledge on more complex statistical models.</p>	<p>Calculus, Linear Algebra</p>
--	--	--	---------------------------------

<p>Statistica II</p>	<p>SECS-S/01</p>	<p>L'insegnamento approfondisce l'inferenza statistica parametrica basata sulla funzione di verosimiglianza. Presenta alcuni elementi della teoria dell'ottimalità dei test statistici e delle regioni di confidenza, e tratta applicazioni riferite a modelli di regressione. I punti principali toccati sono: complementi sulle leggi normali multivariate e distribuzioni collegate; il lemma di Neyman-Pearson e test uniformemente massimamente potenti; dualità fra proprietà campionarie di certi test e regioni di confidenza da essi dedotte; il P-value; la funzione di verosimiglianza, la funzione di punteggio, l'informazione osservata e attesa; procedure inferenziali basate sulla funzione di verosimiglianza; inferenze in presenza di parametri di disturbo: la verosimiglianza profilo e le corrispondenti procedure inferenziali; la teoria asintotica del primo ordine; i risultati di base per il reperimento di test ottimi e di stimatori efficienti fra i non distorti; modelli di regressione per dati di conteggio e per dati di misurazione con errore normale.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Conoscere gli elementi fondamentali del calcolo delle probabilità utili per descrivere e rappresentare fenomeni aleatori, sia in ambito univariato che multivariato</p> <p>Comprendere l'utilità dei modelli statistici parametrici per la ricerca nell'ambito delle scienze biologiche, ingegneristiche ed economico-sociali</p> <p>Conoscere e comprendere gli elementi di base della teoria frequentista dell'inferenza statistica basata sulla funzione di verosimiglianza</p>	<p>The course is an introduction to bivariate and multivariate statistical modeling and to likelihood-based frequentist inference. In detail: conditional distributions, multinomial models, regression functions and the decomposition of variance, sufficient statistics and Rao-Blackwell theorem; multivariate normal laws and the normal linear model; statistical tests: the inferential approach (P-value) and the decision-theoretic approach; methods for obtaining confidence regions; the likelihood function and likelihood quantities; likelihood-based inferential procedures and first-order asymptotic theory. Estimating equations and pseudo-likelihoods; likelihood inference in the presence of nuisance parameters: the profile likelihood.</p> <p>The student will have:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i></p> <p>To know the elements of Probability Theory useful to describe and represent multivariate random phenomena</p> <p>To understand the usefulness of statistical models for biological, technological and socio-economic sciences</p> <p>To know and understand the basic elements of the theory of frequentist statistical inference based on the likelihood function</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i></p> <p>To be able to use statistical methods to describe, analyze and interpret data obtained from random experiments also accounting for the effects of concomitant variables</p> <p><b>cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgements:</i></p> <p>To be able to choose model and statistical methods apt to analyze a particular random</p>	<p>Statistica I</p>
----------------------	------------------	--	---	---------------------

		<p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Essere in grado di utilizzare i metodi statistici per descrivere, analizzare e interpretare dati relativi ad esperimenti casuali anche tenendo conto degli effetti di variabili concomitanti</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Saper scegliere i modelli e i metodi statistici più appropriati per analizzare uno specifico esperimento casuale e per interpretare i risultati sperimentali</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Saper presentare in modo convincente e corretto l'uso di uno specifico modello statistico, motivando i risultati ottenuti e giustificando la metodologia adottata, anche a non utenti non specialisti</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Saper comprendere i contenuti di un testo avanzato di teoria dell'inferenza statistica ed acquisire conoscenze più specifiche su modelli statistici complessi, anche utilizzando articoli di ricerca.</p>	<p>experiment; to be able to interpret the result of a statistical procedure</p> <p><i>Communication skills:</i> To be able to present, also in oral form, in a convincing and correct way, the fitting of a particular statistical model, explaining the obtained results and giving reasons motivating the adopted methodology also to non-statistically trained users</p> <p><i>Learning skills:</i> To be able to understand the contents of a text on theoretical statistics and to acquire in-depth knowledge on more complex statistical models, also exploring research articles</p>	
Matematica finanziaria	SECS-S/06	<p>L'analisi finanziaria quantitativa è divenuta fondamentale per descrivere il funzionamento dei mercati finanziari. In particolare, riveste importanza tanto nei processi riguardanti le decisioni di investimento quanto nella formulazione di regolamenti per la quantificazione e gestione del rischio di intermediari finanziari. L'innovazione finanziaria implica la richiesta di studenti altamente qualificati in finanza matematica. In quest'ottica la prima parte del corso si propone di fornire agli studenti strumenti decisionali in condizioni di incertezza. In maggior dettaglio, si considera il problema di un</p>	<p><b>Sector-specific skills</b></p> <p>The first part of the course provides the fundamentals of financial mathematics under certainty conditions. The second part is devoted to elements of probability theory, revisited from a financial point of view. This will allow students to consider financial mathematics applications in stochastic frameworks (i.e. applications in portfolio theory and in actuarial fields). At the end of the course students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• knowing and managing interest, discount, final value, present value, rates, capitalization and discount factors;</li> </ul>	

		<p>investitore che deve effettuare scelte di portafoglio ottimali contemplando sia il rendimento che il rischio nel processo decisionale.</p> <p>La seconda parte si concentra su misure di rischio e requisiti patrimoniali minimi di intermediari che hanno portafogli (finanziari e crediti) già in essere.</p> <p>Al termine del corso lo studente dovrà essere in grado di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• confrontare attività o portafogli rischiosi secondo il criterio dell'utilità attesa e valutarle tramite equivalenti certi;</li> <li>• comprendere gli effetti della correlazione per un'efficace diversificazione del rischio misurato in termini di varianza del rendimento;</li> <li>• selezionare portafogli ottimi di attività azionarie su orizzonti uniperiodali su mercati eventualmente dotati di un'attività priva di rischio;</li> <li>• comprendere le relazioni rischio-rendimento atteso in condizioni di equilibrio nel Capital Asset Pricing Model;</li> <li>• conoscere e maneggiare misure di rischio alternative alla varianza utilizzate nella predisposizione di regolamenti sovra-nazionali per la quantificazione dei requisiti patrimoniali di intermediari finanziari;</li> <li>• calcolare le "nuove" misure di rischio di portafogli di attività azionarie, obbligazioni, posizioni in valuta e alcuni derivati.</li> </ul> <p><b>Capacità trasversali/soft skills:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lo studente dovrebbe acquisire le conoscenze fondamentali di portfolio management e valutazione del rischio;</li> <li>• lo studente diventa consapevole dell'importanza della gestione del rischio che ha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• using different accumulation and discount functions;</li> <li>• linking the properties of financial functions with arbitrage free assumptions under certainty conditions;</li> <li>• making financial evaluations under no flat yield curves;</li> <li>• evaluating annuities;</li> <li>• writing amortization schedules;</li> <li>• evaluating entrepreneurial projects;</li> <li>• giving a financial meaning to probabilities and proving the fundamental probability theorems with the no arbitrage assumption;</li> <li>• knowing the ways to characterize (discrete and continuous) random variables probability distributions;</li> <li>• knowing the most important synthetic distribution indices and giving them a financial meaning when the random variables are stochastic assets returns;</li> <li>• applying the financial and probabilistic tools to decisions under uncertainty (in particular to portfolio choices and to evaluation of life insurance premiums).</li> </ul> <p><b>Cross-sectoral skills/Soft skills:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• the student should reach a financial literacy level so that he will be able to identifying and analyzing financial information, solving financial problems;</li> <li>• students should become aware of the importance of risk in financial investing, in financial planning and in stochastic asset pricing;</li> <li>• topics handled during the course are fundamental for advanced course in quantitative finance;</li> <li>• both under certainty and uncertainty we give relevance to the no arbitrage condition</li> </ul>	
--	--	---	--	--

		implicazioni non solo per i soggetti che per missione aziendale assumono rischi. Gli argomenti trattati sono di primaria importanza in corsi avanzati e master di finanza quantitativa.	that is fundamental in stochastic asset pricing in finance.	
--	--	--	---	--

## **Allegato B2**

### **Quadro degli obiettivi formativi specifici e delle propedeuticità**

Corso di Laurea Magistrale in Matematica

Curriculum Didattico

Rau, art. 12

Insegnamento	Settore Scientifico Disciplin.	Obiettivi formativi specifici (ITA)	Specific educational objectives (ENG)	Propedeuticità obbligatorie
Istituzioni di analisi superiore	MAT/05	<p>Il corso vuole introdurre gli studenti ad argomenti avanzati, propri dell'analisi matematica e dell'analisi funzionale, le cui valenze culturali intrinseche costituiscono, al di là delle loro importanti applicazioni, elemento essenziale per il laureato Magistrale in matematica. Argomenti tipici fra cui scegliere possono essere: teoria delle distribuzioni, studio approfondito degli spazi di Banach e di Hilbert, teoria spettrale e teoria dei semigrupp, con applicazioni alle equazioni differenziali alle derivate parziali e all'analisi armonica.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b>  <i>Conoscenza e comprensione:</i>  conoscere e comprendere argomenti avanzati di analisi matematica ed i fondamenti dell'analisi funzionale.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>  saper applicare i principali teoremi dell'analisi matematica e dell'analisi funzionale e di redigere in modo autonomo dimostrazioni matematiche rigorose.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b>  <i>Autonomia di giudizio:</i>  saper individuare le tecniche più adatte nel risolvere problemi assegnati, sia di tipo teorico che applicativo, anche fuori dal contesto specifico dell'analisi</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p>	<p>The course will propose some topics from advanced Analysis and Functional Analysis that constitute an indispensable part of the knowledge of any <i>Laureato Magistrale</i> in Mathematics. Typical topics are, for instance, distribution theory, Banach and Hilbert spaces, spectral and semigroup theory, with applications to partial differential equations and harmonic analysis.</p> <p>The student will have to</p> <p><b>Sector-specific skills</b>  <i>Knowledge and understanding:</i>  know and understand selected topics in advanced analysis and the foundations of functional analysis.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i>  be able to apply the main theorems of higher analysis and functional analysis in order to develop rigorous mathematical proofs for exercise problems.</p> <p><b>Cross-sectoral/soft skills</b>  <i>Making judgements:</i>  be able to judge what the most appropriate techniques are to solve problems arising from the theory as well as from applications.</p> <p><i>Communication skills:</i>  show good communication skills in writing and presenting rigorous but comprehensible proofs.</p> <p><i>Learning skills:</i></p>	Primo biennio della Laurea Triennale

		<p>dimostrare di possedere buone abilità comunicative, dimostrare di saper redigere autonomamente dimostrazioni matematiche rigorose e formulare congetture sui problemi proposti.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> dimostrare di possedere buone capacità di apprendimento e di saper studiare in maniera autonoma.</p>	<p>show good learning ability, and to be able to study independently.</p>	
Istituzioni di geometria superiore	MAT/03	<p>Lo scopo del corso è duplice: (1) introdurre i concetti di base della teoria delle funzioni analitiche di una variabile complessa; (2) introdurre i concetti di base della geometria differenziale.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali dell'analisi complessa in una variabile e della geometria differenziale. Riconoscere un problema analitico reale o geometrico che è possibile affrontare con i metodi dell'analisi complessa. Riconoscere un problema geometrico risolubile tramite elementi di geometria differenziale.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper affrontare e risolvere alcuni problemi classici dell'analisi complessa in una variabile e della geometria differenziale. Saper individuare applicazioni analitiche e geometriche dell'analisi complessa in una variabile e della geometria differenziale.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Saper individuare le tecniche analitiche o geometriche più adatte nel risolvere problemi assegnati.</p>	<p>The aim of the course is twofold: (1) to introduce the basic concepts of complex analysis in one variable; (2) to introduce the basic concepts of differential geometry.</p> <p>The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i> To know some basic concepts and results of complex analysis in one variable and of differential geometry. To recognize a real analytic or geometric problem that can be tackled with complex analysis methods. To recognize a geometric problem which is resolvable through differential geometry methods.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i> To know how to deal with and solve some classical problems of complex analysis in one variable and of differential geometry. To find analytical and geometric applications of complex analysis in one variable and differential geometry</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgements:</i> To know how to find the most appropriate analytical or geometric techniques in solving assigned problems.</p>	<p>Primo biennio della Laurea Triennale First two years of first-level degree in Mathematics</p>

		<p>Saper valutare la difficoltà di problemi specifici sia nell'ambito dell'analisi complessa in una variabile, che della geometria differenziale.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica delle funzioni di analitiche in una variabile complessa, delle superficie di Riemann, e delle curve e superficie immerse nello spazio ordinario.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Riuscire a leggere un libro a livello di dottorato nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi</p>	<p>To address the difficulty of specific problems both in complex analysis of one variable and in differential geometry.</p> <p><i>Communication skills:</i> To introduce, orally and in writing, a subject, or a mathematical theory, learned during the course. Being able to present to a non-specialist public the salient aspects of classical theory of analytic functions in one complex variable, of Riemann surfaces, and of curves and surfaces immersed in ordinary space.</p> <p><i>Learning skills:</i> to be able to read a graduate degree book in the fields covered by the course. To work independently in literature search. To address the proposed problems by selecting independently the most meaningful ones.</p>	
Matematiche complementari	MAT/04	<p>Obiettivi Formativi Specifici.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acquisire una prospettiva moderna e avanzata su alcuni argomenti che sono alla base della matematica insegnata nelle scuole superiori allo scopo di fornire i futuri insegnanti di solide basi teoriche riguardo a ciò che insegneranno</li> <li>• Sviluppare l'assiomatica della geometria piana giungendo ad una familiarità con le problematiche relative alla geometria neutrale (o assoluta), alla geometria euclidea e alla geometria non-euclidea e ad una capacità di lavorare con i loro vari modelli.</li> </ul> <p>Lo/la studente/essa dovrà: <b>Capacità relative alle discipline</b> <i>1.1. Conoscenza e capacità di comprensione</i> Conoscere lo sviluppo assiomatico della geometria piana. Comprendere le relazioni tra i</p>	<p>Specific educational objectives.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• To acquire a modern and advanced viewpoint on some topics taught at the high school level, with the goal of giving prospective teachers sound theoretical basis on topics they are going to teach.</li> <li>• To develop axiomatics of plane geometry, reaching familiarity with problems concerning neutral (aka absolute) geometry, euclidean geometry and non-euclidean geometry, including the ability to work with their models.</li> </ul> <p>Students should <b>Sector-specific skills</b> <i>1.1. Knowledge and understanding</i> know the axiomatic development of plane geometry; understand the relationships and the mutual</p>	<p>Primo biennio della Laurea Triennale First and second year of the Laurea Triennale</p>

		<p>vari assiomi e la loro indipendenza, testimoniata dai vari modelli.</p> <p><i>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione</i> Saper dimostrare i teoremi fondamentali della geometria piana nel contesto assiomatico appropriato. Saper giustificare tramite l'esibizione di modelli appropriati la non dimostrabilità di un risultato sulla base di una collezione ridotta di assiomi.</p> <p><b>Capacità trasversali / soft skills</b></p> <p><i>2.1 Autonomia di giudizio</i> Saper individuare gli assiomi necessari a risolvere problemi assegnati. Saper valutare la difficoltà di problemi di geometria piana specifici.</p> <p><i>2.2 Abilità comunicative</i> Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della geometria.</p> <p><i>2.3 Capacità di apprendimento</i> Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi.</p>	<p>independence between different axioms, as witnessed by various models.</p> <p><i>1.2 Applying knowledge and understanding</i> be able to prove the most fundamental theorems of plane geometry in the appropriate axiom system; be able to explain the improbability of a statement on the basis of a reduced set of axioms by using appropriate models.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/Soft skills</b></p> <p>Students should</p> <p><i>2.1 Making judgements</i> be able to isolate the axioms needed to solve a given problem; be able to assess the difficulty of specific problems in plane geometry.</p> <p><i>2.2 Communication skills</i> expose, verbally and in writing, an argument or a mathematical theory studied during the course; be able to explain to a non-specialist audience the main features of plane geometry.</p> <p><i>2.3 Learning skills</i> be able to read a research paper dealing with the topics of the course; carry out an autonomous bibliographic search; deal with the problems assigned, selecting the most important.</p>	
Probabilità II	MAT/06	<p>Il corso approfondisce alcuni argomenti di base del calcolo delle probabilità ed affronta in modo sistematico lo studio dei processi stocastici. Particolare attenzione viene dedicata all'utilizzazione dei modelli probabilistici in vari contesti applicativi. Programma del corso: 1) Complementi di Calcolo delle probabilità; 2) Introduzione ai processi stocastici; 3) Catene di Markov a tempo discreto; 4) Processi di Poisson; 5) Martingale a tempo discreto; 6) Moto Browniano; 7) Modelli markoviani nascosti.</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><b>1.1 Conoscenza e capacità di comprensione</b></p>	<p>This course gives some complements on basic probability theory and introduces the theory of stochastic processes, with a view towards applications. Course contents: 1) Complementi on elementary probability; 2) Introduction to stochastic processes; 3) Discrete-time Markov chains; 4) Poisson processes; 5) Discrete-time martingales; 6) Brownian motion; 7) Hidden Markov models.</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><b>1.1 Knowledge and understanding</b> Knowledge and understanding of the fundamental elements of probability theory</p>	

		<p>Conoscenza degli elementi fondamentali del calcolo delle probabilità utili per descrivere e rappresentare fenomeni aleatori, sia in ambito univariato che multivariato, degli elementi di base della teoria dei processi stocastici, dell'utilità dei processi stocastici come modelli per la ricerca nell'ambito della biologia, della finanza e dell'ingegneria.</p> <p><b>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b></p> <p>Comprensione dei modelli probabilistici come strumenti di ricerca utili nelle scienze applicate e capacità di utilizzare i processi stocastici per descrivere fenomeni aleatori che si sviluppano nel tempo e nello spazio.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><b>2.1 Autonomia di giudizio</b></p> <p>Autonomia di giudizio nella scelta dei modelli e dei metodi matematici più appropriati per analizzare uno specifico fenomeno aleatorio e nell'interpretazione dei risultati sperimentali.</p> <p><b>2.2 Abilità comunicative</b></p> <p>Abilità comunicative nel presentare in modo convincente e corretto l'uso di uno specifico modello, motivando i risultati ottenuti e giustificando la metodologia adottata.</p> <p><b>2.3 Capacità di apprendimento permanente</b></p> <p>Capacità di apprendimento utilizzando strumenti utili per riuscire a capire autonomamente i contenuti di un testo avanzato di probabilità e processi stocastici e per acquisire conoscenze più specifiche su modelli probabilistici complessi.</p>	<p>for the description of univariate and multivariate random phenomena, of the basics in the theory of stochastic processes, of the usefulness of stochastic processes for the description of random phenomena in biology, finance and engineering.</p> <p><b>1.2 Applying knowledge and understanding</b></p> <p>Understanding of the probabilistic models as useful instruments for research in applied sciences an ability to use stochastic processes in order to describe random phenomena.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><b>2.1 Making judgements</b></p> <p>Making judgements on the appropriate probabilistic models and methods to be used for analyzing a specific dataset and on the interpretation of the experimental results.</p> <p><b>2.2 Communication skills</b></p> <p>Communication skills in order to present a probabilistic model, including both the methodology and the expected results, in a consistent and convincing way.</p> <p><b>2.3 Learning skills</b></p> <p>Learning skills based on the prerequisites that are required for understanding autonomously a report on the application of the theory of stochastic processes and for learning more advanced probabilistic procedures.</p>	
Fondamenti della matematica	MAT/04	<p>Il corso tratta uno o più dei seguenti argomenti: Sistemi classici e costruttivi per l'Aritmetica e la Teoria degli Insiemi e loro relazioni. La fondazione insiemistica della matematica La crisi dei fondamenti, il programma di Hilbert e i teoremi di incompletezza di Goedel. Matematica</p>	<p>The course deals with one or more of the following topics: classical and constructive systems for Arithmetic and Set Theory and their relationships. The set theoretic foundation of Mathematics and the foundational crises; Hilbert's programme and</p>	

		<p>senza infinito e matematica dell'infinito. Risultati di coerenza e di indipendenza.</p> <p>Obiettivo del corso è di fornire una buona conoscenza delle possibilità di definire e sviluppare le nozioni e strutture matematiche fondamentali, e di analizzarle criticamente, alla luce delle principali acquisizioni logico-matematiche del novecento.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Saper individuare ed applicare i metodi e le tecniche apprese durante il corso per trattare problematiche di carattere filosofico/fondazionale.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare e discutere a voce gli argomenti trattati nel corso.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Studiare in maniera autonoma, a partire dalle dispense del corso e dalla bibliografia di riferimento</p>	<p>Godel's incompleteness theorems. Mathematics without infinity and Mathematics of the infinity. Consistency and independence results.</p> <p>The purpose of the course is to provide a good knowledge of the possibility of defining and developing the fundamental mathematical notions and structures for a critical analysis, based on the principal results of nineteenth century mathematical logic.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgements:</i> To select and apply the methods and techniques learned in the course in order to deal with philosophical/foundational issues</p> <p><i>Communication skills:</i> To verbally discuss the topics dealt with in the course</p> <p><i>Learning skills:</i> Self- study, based on the notes and the bibliography provided in the course</p>	
Storia della matematica	MAT/04	<p>Acquisire un punto di vista storico sullo sviluppo della matematica.</p> <p>Lo studio porterà a sviluppare in particolare le seguenti abilità:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Confrontare i metodi sintetici e analitici della geometria classica;</li> <li>2) Apprendere la distinzione tra proprietà metriche e proprietà grafiche;</li> <li>3) Acquisire il linguaggio dei fondatori del calcolo infinitesimale e apprendere a confrontare i loro concetti con quelli oggi in uso;</li> <li>4) Conoscere il contesto in cui nacque la teoria dei gruppi di trasformazione;</li> <li>5) Comprendere il valore unitario della algebra astratta a fine Ottocento.</li> </ol>	<p>Gain an historical perspective of the developing of mathematics.</p> <p>The studies will develop especially the following skills:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Compare synthetic and analytic methods of classical geometry;</li> <li>2) Learn the difference between metric properties and graphic properties;</li> <li>3) Gain the infinitesimal calculus founders' language and learn to compare their concepts to the nowadays ones;</li> <li>4) Know the background where transformation groups theory came from;</li> </ol>	<p>corsi del primo biennio della Laurea Triennale.</p> <p>First two-year courses of the three-year degree.</p>

			5) Understand the overall value of abstract algebra by the end of 19 <sup>th</sup> century.	
Algebra superiore II	MAT/02	<p>Lo scopo del corso è fornire una introduzione classica ad uno degli aspetti fondamentali dell'algebra contemporanea come teoria dei gruppi, rappresentazioni, algebre di Lie, gruppi algebrici. Uno scopo primario del corso è lo sviluppo di tecniche di tipo algebrico-geometriche, apprese nei corsi fondamentali, nello studio di problemi algebrici.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i>  Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali dell'algebra contemporanea.  Conoscere alcuni problemi moderni in algebra, rilevandone le difficoltà.  Saper utilizzare un linguaggio moderno nella formulazione di problemi algebrici.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>  Saper affrontare e risolvere con linguaggio moderno o elementare alcuni problemi classici dell'algebra contemporanea.  Saper individuare relazioni tra questioni algebriche e problemi o teorie di ambito diverso.  Saper risolvere problemi algebrici anche al di fuori di quelli specificamente trattati nel corso.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i>  Saper individuare le tecniche algebriche o geometriche più adatte nel risolvere problemi assegnati.  Saper valutare la difficoltà di problemi algebrici specifici.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p>	<p>The purpose of the course is to provide an introduction to one of the fundamental topics of contemporary algebra such as group theory, representations, Lie algebras, algebraic groups, etc. A primary goal of the course is to develop algebraic-geometric machineries, learnt in the basic courses, to the study of algebraic questions.</p> <p>The student shall:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i>  Be acquainted with some modern questions in algebra, detecting the difficulties.  Be able to use a modern language whilst formulating algebraic problems.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i>  Be able to cope and solve with a modern or elementary language some classical problems of contemporary algebra.  Be able to detect interrelations between algebraic questions and problems arising from other areas.  Be able to solve specific problems even if they are not included in those specifically discussed in the course.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making Judgements:</i>  Be able to detect the algebraic-geometric techniques best suitable to solve the assigned questions.  Be able to evaluate the difficulties of specific algebraic questions.</p> <p><i>Communication skills:</i></p>	Primo biennio della Laurea Triennale

		<p>Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica e qualche problema moderno nell'algebra contemporanea.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i></p> <p>Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi.</p>	<p>Be able to expose, orally or in a written text, an argument, or a mathematical theory, learnt in the course.</p> <p>Be able to expose to a non-specialist audience the main aspects of the classical theory and some modern question in contemporary algebra.</p> <p><i>Learning skills:</i></p> <p>Be able to read an article in the specific topics treated in the course.</p> <p>Be able to work autonomously in bibliographic research.</p> <p>Be able to cope with the proposed questions, selecting autonomously the most significant ones.</p>	
Algebra superiore I	MAT/02	<p>Lo scopo del corso è fornire una introduzione classica ad uno degli aspetti fondamentali dell'algebra contemporanea come teoria dei gruppi, rappresentazioni, algebre di Lie, gruppi algebrici. Uno scopo primario del corso è lo sviluppo di tecniche di tipo algebrico-geometriche, apprese nei corsi fondamentali, nello studio di problemi algebrici.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali dell'algebra contemporanea.</p> <p>Conoscere alcuni problemi moderni in algebra, rilevandone le difficoltà.</p> <p>Saper utilizzare un linguaggio moderno nella formulazione di problemi algebrici.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Saper affrontare e risolvere con linguaggio moderno o elementare alcuni problemi classici dell'algebra contemporanea.</p>	<p>The purpose of the course is to provide an introduction to one of the fundamental topics of contemporary algebra such as group theory, representations, Lie algebras, algebraic groups, etc. A primary goal of the course is to develop algebraic-geometric machineries, learnt in the basic courses, to the study of algebraic questions.</p> <p>The student shall:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i></p> <p>Be acquainted with some modern questions in algebra, detecting the difficulties.</p> <p>Be able to use a modern language whilst formulating algebraic problems.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i></p> <p>Be able to cope and solve with a modern or elementary language some classical problems of contemporary algebra.</p> <p>Be able to detect interrelations between algebraic questions and problems arising from other areas.</p>	<p>Primo biennio della Laurea Triennale</p> <p>First two years of the Laurea Triennale</p>

		<p>Saper individuare relazioni tra questioni algebriche e problemi o teorie di ambito diverso. Saper risolvere problemi algebrici anche al di fuori di quelli specificamente trattati nel corso.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Saper individuare le tecniche algebriche o geometriche più adatte nel risolvere problemi assegnati. Saper valutare la difficoltà di problemi algebrici specifici.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica e qualche problema moderno nell'algebra contemporanea.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi.</p>	<p>Be able to solve specific problems even if they are not included in those specifically discussed in the course.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making Judgements:</i> Be able to detect the algebraic-geometric techniques best suitable to solve the assigned questions. Be able to evaluate the difficulties of specific algebraic questions.</p> <p><i>Communication skills:</i> Be able to expose, orally or in a written text, an argument, or a mathematical theory, learnt in the course. Be able to expose to a non-specialist audience the main aspects of the classical theory and some modern question in contemporary algebra.</p> <p><i>Learning skills:</i> Be able to read an article in the specific topics treated in the course. Be able to work autonomously in bibliographic research. Be able to cope with the proposed questions, selecting autonomously the most significant ones.</p>	
Algoritmi Avanzati	INF/01	<p>Indice:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Algoritmica su stringhe</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Algoritmi e tecniche di base per la ricerca esatta su stringhe.</i></li> <li>○ <i>Algoritmo Z, Knth-Morris-Pratt, Boyer-Moore</i></li> <li>○ <i>Le strutture dati per la ricerca: Suffix Tries, Suffix Trees, Suffix Arrays</i></li> <li>○ <i>Distanze</i></li> <li>○ <i>La ricerca approssimata: programmazione dinamica</i></li> </ul> </li> </ul>	<p>Index:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Algorithmics on strings</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Algorithms and basic techniques for exact pattern matching.</i></li> <li>○ <i>Algorithms Z, Knth-Morris-Pratt, Boyer-Moore</i></li> <li>○ <i>Data structures for string searching: Suffix Tries, Suffix Trees, Suffix Arrays</i></li> <li>○ <i>Distances</i></li> </ul> </li> </ul>	

- *Algoritmi e tecniche di base per la ricerca approssimata su stringhe*
- *Smith-Watermann, Landau-Vishkin*
- **Algoritmi randomizzati**
  - *Randomness e Algoritmica*
  - *Algoritmi e tecniche di base*
  - *Algoritmo di Rabin-Karp*
  - *Universal Hashing*
- **Algoritmi paralleli**
  - *Algoritmi paralleli e distribuiti: modelli di calcolo*
  - *Algoritmi e tecniche di base*
  - *Algoritmo BoxSort*

Lo/la studente/essa dovrà:

**Capacità relative alle discipline**

**1.1. Conoscenza e capacità di comprensione**

Conoscere le tecniche algoritmiche di base per l'analisi e l'indicizzazione di collezioni di stringhe, per l'algoritmica randomizzata, per l'algoritmica su architetture parallele o distribuite.

Conoscere la collezione dei principali algoritmi e strutture dati utilizzati nei tre campi studiati.

**1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione**

Saper implementare disegnare ed analizzare algoritmi avanzati.

Saper scegliere ed utilizzare strutture dati avanzate.

Saper implementare algoritmi che siano in grado di sfruttare randomness e architetture non convenzionali

**Capacità trasversali / soft skills**

**2.1 Autonomia di giudizio**

Saper scegliere architettura e strutture dati adeguate per la soluzione di problemi algoritmici su stringhe.

- *Approximate pattern matching: dynamic programming*
- *Algorithms and basic techniques for approximate pattern matching*
- *Smith-Watermann, Landau-Vishkin*

● **Randomized algorithms**

- *Randomness and Algoritmica*
- *Algorithms and basic techniques*
- *Rabin-Karp algorithm*
- *Universal Hashing*

● **Parallel algorithms**

- *Parallel and distributed algorithms: computation models*
- *Algorithms and basic techniques*
- *BoxSort algorithm*

The student will be able to:

**Sector-specific skills**

**1.1. Knowledge and understanding**

Understand the basic algorithmic techniques for analyzing and indexing strings collections, for random algorithm, for algorithmic on parallel or distributed architectures.

Know the collection of the main algorithms and data structures used in the three fields studied.

**1.2 Applying knowledge and understanding**

Know how to deploy and analyze advanced algorithms. Know how to choose and use advanced data structures. Know how to implement algorithms that are able to exploit randomness and unconventional architectures

**Cross-sectoral skills/soft skills**

		<p>Saper valutare le possibilità offerte dalla randomizzazione.</p> <p>Saper valutare l'utilizzo di idee algoritmiche per le più popolari architetture non convenzionali.</p> <p>Saper valutare la complessità e la implementabilità di uno strumento algoritmico non elementare.</p> <p><b>2.2 Abilità comunicative.</b></p> <p>Essere in grado di comunicare e argomentare in relazione a scelte algoritmiche, strutture dati, tecniche di disegno algoritmico/implementazione, ed architetture.</p> <p>Saper valutare i trade-off più significativi durante le scelte e la valutazione di una soluzione algoritmica proposta.</p> <p><b>2.3 Capacità di apprendimento</b></p> <p>Saper valutare ed integrare nuove idee e tecniche algoritmiche/implementative, strutture dati e metodi di analisi della complessità computazionale.</p>	<p><b>2.1 Making judgements</b></p> <p>Know how to choose suitable architecture and data structures for solving algorithmic problems on strings. Know how to evaluate the possibilities offered by randomization. Know how to use algorithmic ideas for the most popular unconventional architectures. Know how to evaluate the complexity and implementability of a non-elemental algorithmic tool.</p> <p><b>2.2 Communication skills</b></p> <p>Communicate and argue in relation to algorithmic choices, data structures, algorithmic design / implementation techniques, and architectures. Know how to evaluate the most significant trade-offs along the choices and the analysis of a proposed algorithmic solution.</p> <p><b>2.3 Learning skills</b></p> <p>Know how to evaluate and integrate new ideas and algorithmic / implementation techniques, data structures and analytical methods of computational complexity.</p>	
Analisi superiore	MAT/05	<p>Il corso vuole introdurre gli studenti a uno o più dei filoni dell'analisi matematica che si sono sviluppati dalla fine dell'ottocento in poi. L'analisi moderna ha un grande valore culturale intrinseco, si presta a numerose applicazioni, ed è prerequisito naturale per chi volesse proseguire gli studi di matematica. Argomenti tipici fra cui scegliere possono essere: introduzione o approfondimenti della teoria della misura, dell'analisi funzionale, del calcolo delle variazioni, delle equazioni differenziali alle derivate parziali, dei sistemi dinamici e dell'analisi armonica.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i></p>	<p>The course intends to introduce the students to one or more of the Mathematical Analysis fields that have developed since the end of the nineteenth century. Modern analysis has a great intrinsic cultural value, lends itself to many applications, and is a natural prerequisite for those who want to continue math studies. Typical topics to choose from can be: introduction or insights into measure theory, functional analysis, calculus of variations, ordinary and partial differential equations, dynamical systems, and harmonic analysis.</p> <p>The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p>	Istituzioni di Analisi Superiore I parte

		<p>Conoscere i concetti fondamentali presentati nel corso.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Saper applicare gli elementi teorici presentati nella risoluzione di problemi specifici, come ad esempio problemi di massimo e/o minimo, equazioni differenziali ordinarie o alle derivate parziali.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>Saper individuare le tecniche più adatte nel risolvere problemi assegnati o applicativi, anche fuori dal contesto specifico dell'analisi.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p> <p>Redigere autonomamente delle dimostrazioni matematiche.</p> <p>Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appresi durante il corso.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i></p> <p>Studiare in maniera autonoma, a partire dalla bibliografia consigliata.</p> <p>Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi.</p>	<p><i>Knowledge and understanding:</i></p> <p>Know the basic concepts presented in the course.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i></p> <p>Know how to apply the theoretical elements in the resolution of specific problems, such as maximum and / or minimum problems, ordinary or partial differential equations.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgments:</i></p> <p>Know how to locate the most appropriate techniques in solving assigned problems or applications, even outside the specific context of the field of mathematical analysis.</p> <p><i>Communication Skills:</i></p> <p>Self-compiling mathematical proofs; introduce, in an oral and written way, a subject, or a mathematical theory, from those learned when attending the course.</p> <p><i>Learning skills:</i></p> <p>Study independently, starting with the recommended bibliography.</p> <p>Address the proposed problems by selecting the most meaningful ones independently.</p>	
Complementi di Analisi Matematica	MAT/05	<p>Il corso intende coltivare negli studenti le capacità di modellizzazione matematica dei fenomeni naturali governati dalle PDE e dal Calcolo delle Variazioni, le abilità nel cogliere gli aspetti qualitativi dei problemi e le abilità risolutive. Particolare risalto viene dato ai problemi dell'equilibrio elastico e delle strutture.</p>	<p>The course intends to educate students on the mathematical modeling capabilities of natural phenomena governed by PDEs and Variation Calculation, skills to recognize qualitative aspects of problems and abilities in their resolution. Particular emphasis is given to elastic equilibrium problems and structures.</p>	
Entropia e sistemi dinamici	MAT/02	<p>L'insegnamento tratta argomenti classici di teoria geometrica dei gruppi ed i sistemi dinamici di origine algebrica, con particolare attenzione all'entropia ed alla crescita di endomorfismi gruppali sia nel caso discreto sia nel caso topologico.</p> <p>Lo studente dovrà:</p>	<p>The course treats classical topics of geometric group theory and dynamical systems of algebraic origin, with particular attention to entropy and growth of group endomorphisms, both in the discrete and in the topological case.</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p>	Primo biennio della Laurea Triennale

	<p><b>Conoscenze relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i>  Conoscere e comprendere concetti e risultati fondamentali di teoria geometrica dei gruppi.  Conoscere e comprendere concetti e risultati attuali riguardanti i sistemi dinamici di origine algebrica e le loro entropie.  Conoscere problemi moderni relativi alla teoria trattata nell'insegnamento, rilevandone le difficoltà.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>  Applicare la teoria imparata per risolvere gli esercizi proposti e problemi analoghi anche al di fuori di quelli specificamente trattati nell'insegnamento.  Individuare relazioni tra la teoria trattata nell'insegnamento e problemi o teorie di ambito diverso.</p> <p><b>Conoscenze trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i>  Individuare le tecniche algebriche più adatte per la risoluzione dei problemi assegnati.  Valutare la difficoltà di problemi specifici nella teoria geometrica dei gruppi e riguardanti l'entropia algebrica.  Giudicare autonomamente la correttezza delle dimostrazioni anche in articoli di ricerca nell'ambito trattato nell'insegnamento.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i>  Presentare in modo chiaro e logico gli argomenti appresi nell'insegnamento.  Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica e qualche problema attuale.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i>  Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato.</p>	<p><i>Knowledge and understanding:</i>  Understand and know the basic concepts and the fundamental results of geometric group theory.  Understand and know the recent results regarding algebraic dynamical systems and their entropies.  Know the modern problems related to the theory treated in the course.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i>  Apply the learned theory to solve the proposed exercises and analogous problems. Identify the relationships between the theory treated in the course and the problems or theories in different fields.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgments:</i>  Find the most suitable algebraic techniques to solve the assigned problems.  Evaluate the difficulty of specific problems in geometric group theory and regarding the algebraic entropy.  Judge independently the correctness of the proofs even in research articles in the field of the course.</p> <p><i>Communication skills:</i>  Introduce clearly and logically the topics learned in the course.  Be able to present to a non-specialist public the fundamental aspects of the classical theory and some modern problems.</p> <p><i>Learning skills:</i>  Be able to read a research article in the specific field of the course.  Work autonomously in bibliographic research. Study independently, starting from the recommended bibliography.</p>	
--	---	---	--

		<p>Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica.</p> <p>Studiare in maniera autonoma, a partire dalla bibliografia consigliata.</p>		
Fisica Matematica	MAT/07	<p>Fornire agli studenti le basi classiche della teoria con cui vengono attualmente descritti i costituenti elementari della materia e le loro interazioni. Il corso risulterà utile per chi è interessato alla fisica contemporanea, e contiene applicazioni significative di idee sviluppate in corsi di geometria differenziale.</p> <p>Nel corso viene trattato un argomento scelto tra i numerosi temi caratterizzanti la fisica matematica moderna (teoria dei campi; teoria della gravitazione; meccanica statistica e teoria cinetica; meccanica analitica avanzata; meccanica quantistica; ...). L'obiettivo è di fornire agli studenti alcune tecniche con un ampio campo di applicabilità, oltre a una più robusta formazione culturale nelle discipline fisiche e matematiche.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Conoscenze relative alle discipline</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Conoscere la formulazione matematicamente rigorosa di una teoria fisica di importanza fondamentale.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Saper leggere e comprendere la letteratura contemporanea relativa all'argomento trattato nel corso.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>Riconoscere la rilevanza degli argomenti trattati nel contesto più ampio della fisica matematica contemporanea.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p>	<p>Give students the classical bases of the theory currently used to describe the elementary building blocks of matter and their interactions. The course will be useful for those interested in contemporary physics, and contains remarkable applications of ideas developed in courses on differential geometry.</p>	<p>Fisica generale; fisica moderna; meccanica razionale. Conoscenze basilari di geometria differenziale. General physics; modern physics; rational mechanics. Basic notions of differential geometry.</p>

		<p>Presentare, a voce e per iscritto, un argomento appreso durante il corso.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i>          Studiare in maniera autonoma, a partire dalla bibliografia consigliata. Riconoscere le connessioni fra nozioni avanzate di fisica e matematica.</p>		
Fisica moderna	FIS/01	<p>Il corso fornisce un'introduzione alla meccanica quantistica (non relativistica) e alla meccanica statistica, sia classica (moto browniano, statistica di Maxwell-Boltzmann) che quantistica. Sarà introdotto il formalismo matematico della meccanica quantistica, nelle sue varie forme, e descritti problemi di interpretazione tuttora aperti.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità legate alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i>          apprendere e comprendere le basi sia matematiche che fisiche della meccanica statistica e della meccanica quantistica non relativistica; conoscere le loro principali applicazioni alla struttura della materia che ci circonda.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>          saper risolvere semplici problemi di meccanica statistica e quantistica; saper prevedere qualitativamente il comportamento di semplici sistemi alla luce dei risultati della meccanica statistica e quantistica; saper derivare relazioni semplici ma non ovvie fra grandezze fisiche a partire da leggi fondamentali.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i>          Essere capace di dare stime di grandezze fisiche sulla base di qualche dato noto e delle leggi della meccanica quantistica e statistica. Saper trovare</p>	<p>The lectures are trimmed for one-semester course. The requirements are elementary classical physics and calculus. The aim is an introduction to Modern Physics necessarily concise and schematic but quantitatively accounting of the main frames of Special Relativity, of Quantum Physics and its implications. These topics are strictly interrelated and the presentation will be supplied with enough analytic tools to allow a full understanding of the contents and of its consequences. The structure and the meaning of the lectures aimed to the consolidation of the framework for the technology scientific research field imposes a selection of topics most adaptable from the point of view of the physical content and the mathematical formalism. Balancing between scientific ideas and experimental methods and applications.</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding :</i>          The student will have a basic knowledge of the concepts of modern physics, identify its applications, the key new relevant aspects and the consequences. Be able to frame simple problems proposing solutions using the appropriate formalism.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i>          Avoiding an excess of attention for individual details the student will have to feel at ease with the conceptual framework so to be able</p>	

		<p>il modo più semplice di risolvere un problema se può essere risolto in vari modi. Saper riconoscere risultati chiaramente sbagliati o in contrasto con leggi fisiche fondamentali.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Saper spiegare il ragionamento seguito per spiegare un fenomeno o per risolvere un problema, in modo conciso ma chiaro, senza ambiguità né di linguaggio matematico né nell'uso dei concetti, e senza fare assunzioni non esplicitate.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Studiare in maniera autonoma sulla bibliografia consigliata. Essere in grado di capire qualitativamente qualche risultato recente della ricerca in fisica. Individuare un problema o un argomento da approfondire per l'esame.</p>	<p>to face the possible needs of deepening individual concepts in the main and in neighbor fields looking to any possible cross-fertilization within the frames of scientific technological research.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b> <i>Making judgements:</i> The aim of the course is to stimulate to a deeper understanding of the today's most common advanced technology. To activate student's initiatives in this direction profiting of the very wide scenario in which today independent steps can be taken is within the targets of the course. To be able to frame the most favorable approach to verify simple physical hypothesis is the final aim.</p> <p><i>Communication skills:</i> discussing the proposed examples and exercises</p>	
Geometria algebrica I	MAT/03	<p>Il corso intende introdurre i concetti elementari della geometria algebrica quali quelli di varietà affine, di varietà proiettiva, di ideale di una varietà, di morfismo tra varietà affini o proiettive e di applicazione birazionale tra due varietà affini o proiettive. Dove necessario, si intende presentare i concetti basilari dell'algebra commutativa da usare in geometria algebrica, quali il teorema degli zeri di Hilbert, proprietà elementari dei moduli su un anello, funzione di Hilbert.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b> <i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali della teoria presentata. Conoscere alcuni problemi classici di geometria algebrica, rilevandone le difficoltà. Saper utilizzare un linguaggio classico nella</p>	<p>The aim of the course is to introduce the elementary concepts of Algebraic Geometry such as affine varieties, projective varieties, ideal of a variety, morphism of affine or projective varieties and bi-rational morphism of two affine or projective varieties. When necessary, there will be presented the basic concepts of Commutative Algebra to be used in Algebraic Geometry, such as Hilbert Nullstellensatz, elementary properties of modules over a ring, Hilbert function.</p> <p>The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b> <i>Knowledge and understanding:</i> To know some basic concepts and results of the course. To know some problems of classical algebraic geometry, recognizing their difficulty.</p>	<p>Primo biennio della Laurea Triennale</p> <p>first two years of first-level degree in Mathematics</p>

		<p>formulazione di problemi di geometria algebrica.  <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>  Saper affrontare e risolvere con linguaggio classico alcuni problemi classici della geometria algebrica  Saper individuare relazioni tra questioni di geometria algebrica e problemi o teorie di ambito diverso  Saper risolvere problemi anche al di fuori di quelli specificamente trattati nel corso  <b>Capacità trasversali/soft skills</b>  <i>Autonomia di giudizio:</i>  Saper individuare le tecniche analitiche, algebriche o geometriche più adatte nel risolvere problemi assegnati.  Saper valutare la difficoltà di problemi di geometria algebrica specifici.  <i>Abilità comunicative:</i>  Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso.  Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica della geometria algebrica proiettiva.  <i>Capacità di apprendimento:</i>  Riuscire a leggere un libro a livello di dottorato di ricerca nello specifico ambito trattato.  Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica  Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi</p>	<p>To know how to use the classical language in formulating algebraic geometry problems.  <i>Applying knowledge and understanding:</i>  To know how to deal with and solve with classical language some classical problems of algebraic geometry.  To find relationships between issues of algebraic geometry and problems or theories in different fields.  To know how to solve problems beyond those discussed during the course  <b>Cross-sectoral skills/soft skills</b>  <i>Making judgements:</i>  To know how to find the most appropriate analytical, algebraic, or geometric techniques in solving assigned problems.  To address the difficulty of specific problems in algebraic geometry.  <i>Communication skills:</i>  To introduce, orally and in writing, a subject, or a mathematical theory, learned during the course.  Being able to present to a non-specialist public the salient aspects of classical theory of projective algebraic geometry.  <i>Learning skills:</i>  to be able to read a graduate degree book in the fields covered by the course.  To work independently in literature search.  To address the proposed problems by selecting independently the most meaningful ones.</p>	
Geometria algebrica II	MAT/03	<p>Il corso intende approfondire alcuni aspetti della geometria algebrica contemporanea quali ad esempio una conoscenza delle tecniche elementari della teoria degli schemi oppure della teoria delle superficie razionali oppure della teoria delle varietà abeliane oppure alcuni</p>	<p>The aim of the course is to deepen some specific aspects of contemporary Algebraic Geometry such a knowledge of the elementary techniques of the theory of schemes, or the theory of rational surfaces, or the theory of</p>	<p>Primo biennio della Laurea Triennale  First two years of first-level degree in Mathematics</p>

	<p>aspetti specifici della teoria delle curve Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b> <i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali della teoria presentata. Conoscere alcuni problemi moderni di geometria algebrica, rilevandone le difficoltà. Saper utilizzare un linguaggio moderno nella formulazione di problemi di geometria algebrica.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper affrontare e risolvere con linguaggio moderno o elementare alcuni problemi classici della geometria algebrica. Saper individuare relazioni tra questioni di geometria algebrica e problemi o teorie di ambito diverso. Saper risolvere problemi anche al di fuori di quelli specificamente trattati nel corso.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b> <i>Autonomia di giudizio:</i> Saper individuare le tecniche analitiche, algebriche o geometriche più adatte nel risolvere problemi assegnati. Saper valutare la difficoltà di problemi di geometria algebrica specifici.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica e qualche problema moderno di geometria algebrica proiettiva.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica</p>	<p>abelian varieties or some specific aspects of the theory of the curves. The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b> <i>Knowledge and understanding:</i> To know some basic concepts and results of the course. To know some modern problems of algebraic geometry, recognizing their difficulty. To know how to use the modern language in formulating algebraic geometry problems.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i> To know how to deal with and solve with modern or elementary language some classical problems of algebraic geometry. To find relationships between issues of algebraic geometry and problems or theories in different fields. To know how to solve problems beyond those discussed during the course</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b> <i>Making judgements:</i> To know how to find the most appropriate analytical, algebraic, or geometric techniques in solving assigned problems. To address the difficulty of specific problems in algebraic geometry.</p> <p><i>Communication skills:</i> To introduce, orally and in writing, a subject, or a mathematical theory, learned during the course. Being able to present to a non-specialist public the salient aspects of classical theory and some modern problem of projective algebraic geometry.</p> <p><i>Learning skills:</i> to be able to read a research paper in the fields covered by the course.</p>	
--	---	--	--

		Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi	To work independently in literature search. To address the proposed problems by selecting independently the most meaningful ones.	
Geometria Computazionale	INF/01	<p>Il corso esplora, anche attraverso esempi e modelli semplificati, strutture di dati e tecniche algoritmiche di base per affrontare alcuni problemi significativi di geometria piana. I principali approcci introdotti sviluppano tecniche di tipo divide-et-impera, plane-sweep e incrementale-randomizzato.</p> <p>Particolare attenzione è rivolta all'analisi della correttezza e della complessità computazionale degli algoritmi discussi.</p> <p>Al termine del corso lo studente avrà acquisito la capacità di individuare tecniche appropriate per affrontare problemi nell'ambito della geometria computazionale e di valutarne criticamente potenzialità, efficacia, prestazioni e robustezza.</p> <p><b>Programma Sintetico</b></p> <p>Problemi di robustezza dell'elaborazione di dati geometrici.</p> <p>Approcci generali alla soluzione di problemi di geometria piana:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Approccio divide-et-impera;</li> <li>- Tecniche di plane sweep;</li> <li>- Tecniche incrementali randomizzate.</li> </ul> <p>Problemi notevoli nell'ambito della geometria computazionale piana e analisi dei costi computazionali:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Convex hull;</li> <li>- Intersezioni di segmenti;</li> <li>- Partizioni di regioni poligonali: triangolazioni, mappe trapezoidali e suddivisioni monotone;</li> <li>- Problemi di point-location;</li> <li>- Problemi di prossimità: diagrammi di Voronoi e triangolazioni di Delaunay.</li> </ul> <p>Lo/la studente/essa dovrà:</p>	<p>The course explores, also by means of examples and simplified models, basic data structures and algorithmic techniques to approach noteworthy problems of planar geometry.</p> <p>The main approaches being introduced exploit divide-et-impera, plane-sweep and randomized-incremental techniques.</p> <p>Particular attention is given to the analysis of the algorithms' correctness and computational costs.</p> <p>At the end of the course, the student will acquire the ability to identify appropriate techniques to address computational geometry problems and to assess their potential, effectiveness, performances and robustness.</p> <p><b>Short Syllabus</b></p> <p>Robustness issues of geometric data processing.</p> <p>General approaches to planar geometry problems:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Divide-et-impera approach;</li> <li>- Plane-sweep techniques;</li> <li>- Randomized-incremental techniques.</li> </ul> <p>Noteworthy problems of planar computational geometry and analysis of the related computational costs:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Convex hull;</li> <li>- Segment intersection;</li> <li>- Partitions of polygonal regions: triangulations, trapezoidal maps and monotone subdivisions;</li> <li>- Point-location problems;</li> </ul>	

	<p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p>1.1. <i>Conoscenza e capacità di comprensione</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conoscere alcuni approcci algoritmici di base della geometria computazionale e le relative applicazioni;</li> <li>- Conoscere i costi computazionali di algoritmi che risolvono problemi notevoli di geometria piana;</li> <li>- Essere consapevole delle problematiche di robustezza dell'elaborazione di dati geometrici.</li> </ul> <p>1.2 <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Saper individuare tecniche appropriate per affrontare problemi nuovi con gli strumenti della geometria computazionale;</li> <li>- Essere in grado di valutare i costi computazionali delle soluzioni progettate;</li> <li>- Essere in grado di sviluppare programmi di media dimensione per affrontare problemi di geometria piana.</li> </ul> <p><b>Capacità trasversali / soft skills</b></p> <p>2.1 <i>Autonomia di giudizio</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Saper analizzare i problemi al fine di identificare gli aspetti che si prestano ad essere affrontati con gli strumenti della geometria computazionale;</li> <li>- Essere in grado di confrontare e di valutare le implicazioni dell'applicazione di tecniche diverse alla risoluzione algoritmica di un problema geometrico.</li> </ul> <p>2.2 <i>Abilità comunicative.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Essere in grado di usare un linguaggio preciso per presentare i risultati dell'analisi delle proprietà di un algoritmo.</li> </ul> <p>2.3 <i>Capacità di apprendimento</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Essere in grado di orientarsi nell'ambito della geometria computazionale e di studiare autonomamente nuovi algoritmi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proximity problems: Voronoi diagrams and Delaunay triangulations.</li> </ul> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p>1.1. <i>Knowledge and understanding</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Knowledge of some basic computational geometry approaches and of their applications;</li> <li>- Knowledge of the computational costs of the algorithmic solutions of noteworthy planar problems;</li> <li>- Being aware of the robustness issues of geometric data processing.</li> </ul> <p>1.2 <i>Applying knowledge and understanding</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Being able to identify appropriate techniques to address new problems with the tools of computational geometry;</li> <li>- Being able to assess the computational costs of the designed solutions;</li> <li>- Being able to develop medium-scale programs to address planar problems.</li> </ul> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p>2.1 <i>Making judgements</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Being able to analyze problems in order to identify what can be achieved with the tools of computational geometry;</li> <li>- Being able to compare and to assess the implications of different algorithmic techniques to solve a geometric problem.</li> </ul> <p>2.2 <i>Communication skills.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Being able to use an accurate language to present the results of the analysis of an algorithm's properties.</li> </ul> <p>2.3 <i>Learning skills</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Being able to study autonomously new computational geometry algorithms.</li> </ul>	
--	--	--	--

Geometria superiore	MAT/03	<p>Il corso tratta aspetti della geometria delle varietà di Riemann, che si prestano anche ad una formalizzazione di esse per mezzo di tecniche dell'algebra omologica moderna.</p> <p>Si propone di introdurre lo studente all'uso di alcune tecniche particolarmente astratte utilizzate nella ricerca attuale.</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Conoscere i concetti di base della geometria delle varietà complesse.</p> <p>Conoscere i concetti fondamentali della geometria Riemanniana nella loro interazione con la classe delle varietà proiettive.</p> <p>Saper utilizzare il linguaggio delle forme differenziali e dei fibrati vettoriali nel caso delle varietà complesse.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Saper affrontare e risolvere alcuni problemi classici della geometria algebrica in dimensione bassa mediante il linguaggio della geometria differenziale complessa.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>Saper individuare le tecniche algebro-geometriche e di geometria differenziale più adatte nel risolvere problemi assegnati.</p> <p>Saper riconoscere la natura della dipendenza della struttura complessa di molte costruzioni utilizzate.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p> <p>Redigere autonomamente delle dimostrazioni matematiche.</p> <p>Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i></p> <p>Studiare in maniera autonoma, a partire dalla</p>	<p>We present some topics of Riemannian Geometry, which can be formalized by the techniques of modern homological algebra. We introduce some abstract techniques used in modern research.</p> <p>We expect the student:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and Understanding :</i></p> <p>To understand basic complex geometry</p> <p>To understand those basic topics of Riemann geometry useful to study the class of projective varieties.</p> <p>To use the language of differential forms and of vector bundles in the case of complex varieties.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding</i></p> <p>To be able to tackle with classical problems of low dimensional algebraic geometry by the methods of complex geometry.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/Soft skills</b></p> <p><i>Making judgments:</i></p> <p>To be able to select the techniques of algebraic-geometry and of differential geometry suitable to solve the assigned problems.</p> <p>To be able to understand the dependence from the complex structure of many of the construction presented in the course.</p> <p><i>Communications Skills:</i></p> <p>To be able to write a correct mathematical proof without any help; to be able to explain at the blackboard an argument or a mathematical theory learned in the course.</p> <p><i>Learning skills:</i></p> <p>To be able to study on the recommended bibliography and to be able to solve in due time the proposed problems.</p>	Laurea triennale
---------------------	--------	--	---	------------------

		bibliografia consigliata. Affrontare e risolvere i problemi proposti, in un tempo ragionevole.		
Informatica III	INF/01	<p>Indice:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Teoria della Complessità</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Complessità in termini di Tempo e Spazio su Macchine di Turing e altri modelli classici</i></li> <li>○ <i>Relazioni tra le classi di complessità</i></li> <li>○ <i>Riduzioni, completezza e istanze di linguaggi nelle diverse classi</i></li> <li>○ <i>Modelli di calcolo non standard: DNA e Quantum Computing</i></li> <li>○ <i>Algoritmi su Grafi alla base della complessità computazionale: reachability, trace equivalence and bisimulation</i></li> </ul> </li> <li>• <b>Information Theory</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Concetti di base</i></li> <li>○ <i>Entropia e compressione dei dati</i></li> <li>○ <i>Mutua Informazione</i></li> <li>○ <i>Complessità di Kolmogorov</i></li> </ul> </li> </ul> <p>Lo studente dovrà essere in grado di:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><b>1.1. Conoscenza e capacità di comprensione</b>  Definire formalmente i modelli classici di calcolo e le classi di complessità in tempo e spazio. Presentare alcuni elementi di ogni classe di complessità studiata. Enunciare e dimostrare i risultati della teoria della complessità presentati durante il corso. Definire i modelli di calcolo DNA e Quantum e confrontarli con i modelli classici. Descrivere gli algoritmi su grafi. Definire le nozioni standard della teoria dell'informazione. Descrivere i risultati classici sulla compressione dei dati presentati durante il corso.</p> <p><b>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b></p>	<p>Index:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Complexity Theory</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Time and Space complexity on Turing Machines and other classical models</i></li> <li>○ <i>Relationships between complexity classes</i></li> <li>○ <i>Reductions, completeness and instances of languages in the different classes</i></li> <li>○ <i>Non standard computational models: DNA and Quantum Computing</i></li> <li>○ <i>Graph algorithms at the basis of computational complexity: reachability, trace equivalence and bisimulation</i></li> </ul> </li> <li>• <b>Information Theory</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Basic Concepts</i></li> <li>○ <i>Entropy and data compression</i></li> <li>○ <i>Mutual Information</i></li> <li>○ <i>Kolmogorov complexity</i></li> </ul> </li> </ul> <p>The student should be able to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><b>1.1. Knowledge and understanding</b>  Formally define the classical models of computation and the time/space complexity classes.  Present some proper members of each studied complexity class.  Present and prove the complexity theory results presented during the course.  Define the DNA and Quantum models of computation and compare them with the classical models.  Describe algorithms on graphs.</p>	

		<p>Classificare i linguaggi in termini di complessità in tempo e spazio. Elaborare riduzioni tra i linguaggi. Definire e implementare algoritmi sui grafi per varianti dei problemi analizzati nel corso. Modellare e risolvere problemi semplici della teoria delle informazioni: compressione dei dati e codifica del canale.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><b>2.1 Autonomia di giudizio</b> Stabilire se un problema può essere risolto in modo efficiente o no. Elaborare algoritmi efficienti per risolvere nuovi problemi. Introdurre vincoli per rendere un problema trattabile. Stimare le prestazioni di diversi sistemi di informazione e comunicazione.</p> <p><b>2.2 Abilità comunicative.</b> Motivare le soluzioni proposte. Spiegare quali condizioni aggiuntive potrebbero contribuire a risolvere il problema in modo più efficiente. Giustificare le scelte del modello computazionale e delle strutture dati. Spiegare i metodi di codifica e di compressione e i limiti informativi.</p> <p><b>2.3 Capacità di apprendimento</b> Trovare e sfruttare soluzioni esistenti su problemi correlati. Sfruttare nuovi strumenti per migliorare le complessità computazionali. Identificare e fornire soluzioni per problemi di teoria dell'informazione, codifica e comunicazione.</p>	<p>Define the standard notions of Information Theory. Present the classical results on data compression presented during the course.</p> <p><b>1.2 Applying knowledge and understanding</b> Classify languages in terms of time and space complexity. Elaborate reductions between languages. Define and implement algorithms over graphs for variants of the problems analysed in the course. Model and solve simple problems of Information Theory: data compression and channel coding.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><b>2.1 Making judgements</b> Establish whether a problem can be efficiently solved or not. Elaborate efficient algorithms for solving new problems. Eventually introduce constraints to make a problem tractable. Estimate performances of different information and communication systems.</p> <p><b>2.2 Communication skills.</b> Motivate the proposed solutions. Explain which additional conditions could help to solve the problem more efficiently. Justify the choices of the computational model and data structures. Explain coding and compression methods and information limits.</p> <p><b>2.3 Learning skills</b> Find and exploit existing solutions over related problems. Exploit new instruments for improving the computational complexities.</p>	
--	--	--	--	--

			Identify information, coding and communication problems/solutions.	
Istituzioni di logica matematica	MAT/01	<p><b>Obiettivi Formativi Specifici.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoscere gli argomenti fondamentali ed acquisire le tecniche principali della teoria della computabilità e della teoria delle categorie.</li> <li>• Sviluppare concetti e tecniche utilizzabili sia all'interno della logica matematica che in altre parti della matematica contemporanea.</li> </ul> <p>Lo/la studente/essa dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><i>1.1. Conoscenza e capacità di comprensione</i> Conoscere le principali nozioni di riducibilità tra insiemi di numeri naturali, la computabilità relativa, la gerarchia aritmetica, il metodo di priorità a ferite finite. Conoscere le principali nozioni di teoria delle categorie, i vari modi di formulare le proprietà universali, il formalismo e le proprietà delle aggiunzioni.</p> <p><i>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione</i> Saper dimostrare i teoremi fondamentali della teoria della computabilità e della teoria delle categorie. Saper costruire insiemi computabilmente enumerabili con appropriate caratteristiche attraverso il metodo di priorità a ferite finite. Saper riconoscere gli aspetti categoriali in teoremi presentati in altri corsi e saper riformulare tali teoremi in modo unificante e generale tramite il linguaggio delle categorie.</p> <p><b>Capacità trasversali / soft skills</b></p> <p><i>2.1 Autonomia di giudizio</i> Saper individuare le tecniche necessarie a risolvere problemi assegnati. Saper valutare la difficoltà di specifici problemi di teoria della computabilità e delle categorie.</p>	<p><b>Specific educational objectives.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• To know the fundamental topics and to learn the main techniques of computability theory and of category theory.</li> <li>• To develop notions and techniques which can be used both inside mathematical logic and in other areas of contemporary mathematics.</li> </ul> <p>Students should</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>1.1. Knowledge and understanding</i> know the basic reductions between sets of natural numbers, relative computability, the arithmetical hierarchy and the priority method with finite injuries; know the basic notions of category theory, the various ways of presenting universal properties, the formalism and the properties of adjunctions.</p> <p><i>1.2 Applying knowledge and understanding</i> be able to prove the most fundamental theorems of computability theory and of category theory; be able to construct computably enumerable sets with given properties using the finite injuries method; be able to recognize the categorical aspects of theorems presented in other courses, and to reformulate these theorems in a unifying and general way.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>2.1 Making judgements</i> be able to isolate the techniques needed to solve a given problem; be able to assess the difficulty of specific problems in computability and category theory.</p> <p><i>2.2 Communication skills</i> expose, verbally and in writing, an argument or a mathematical</p>	<p>Corso di Logica Matematica della Laurea Triennale</p> <p>Mathematical Logic of the Laurea Triennale</p>

		<p>2.2 <i>Abilità comunicative</i> Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti delle teorie studiate.</p> <p>2.3 <i>Capacità di apprendimento</i> Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi.</p>	<p>theory studied during the course; be able to explain to a non-specialist audience the main features of computability and category theory.</p> <p>2.3 <i>Learning skills</i> be able to read a research paper dealing with the topics of the course; carry out an autonomous bibliographic search; deal with the problems assigned, selecting the most important.</p>	
Laboratorio di matematica computazionale	MAT/08	<p>Il corso vuole fornire allo studente un'adeguata familiarità nell'utilizzo del calcolatore come efficace ausilio allo studio teorico della matematica ed alle attività didattiche, applicative e di ricerca ad essa connesse. Si propone quindi di risolvere sperimentalmente alcuni problemi matematici che nascono in diversi contesti applicativi, accompagnando lo studente dal modello allo sviluppo di codici.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Conoscenza e comprensione:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ conoscere gli aspetti base della mutua interazione tra matematica e calcolatore</li> <li>◦ comprendere la classe di problemi matematici a cui ascrivere il proprio modello</li> <li>◦ apprendere le linee guida per tradurre il problema matematico in un problema trattabile al calcolatore</li> </ul> </li> <li>• <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ sviluppare una capacità di auto-apprendimento di software matematici in genere</li> </ul> </li> </ul>	<p>The course aims at getting the student adequately used to the utilization of computing facilities as effective and helpful tools towards the theoretical study of mathematics and of its related teaching, applicative and research activities. It therefore consists in solving experimentally mathematical problems arising in diverse applicative contexts, driving the student from modeling to coding.</p> <p>The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Knowledge and understanding:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ know the basic aspects of the mutual interaction between mathematics and computer</li> <li>◦ understand the class of mathematical problems in which the model resides</li> <li>◦ learn the guidelines to translate the mathematical problem into a computable one</li> </ul> </li> <li>• <i>Applying knowledge and understanding:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ develop skills in self-learning general mathematical software</li> </ul> </li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ saper selezionare il software matematico meglio adatto alla risoluzione del problema e programmare i relativi codici per la risoluzione stessa</li> </ul> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Autonomia di giudizio:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ essere in grado di analizzare in maniera autonoma e critica i risultati del calcolatore in relazione a quelli attesi dalla teoria</li> </ul> </li> <li>• <i>Abilità comunicative:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ saper spiegare i processi computazionali in modo chiaro e comprensibile</li> <li>◦ saper rappresentare i risultati computazionali in maniera efficace</li> </ul> </li> <li>• <i>Capacità di apprendimento:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ saper affrontare in modo autonomo e critico problemi matematici con tecniche computazionali</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ know how to select the mathematical software best suited to the solution of the problem and to program the relevant codes for obtaining the solution itself</li> </ul> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Making judgements:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ be able of analyzing in a critical and autonomous manner computer results in relation with theoretical expectation</li> </ul> </li> <li>• <i>Communication skills:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ know how to illustrate the computational processes in a clear and comprehensible fashion</li> <li>◦ know how to represent effectively the computational results</li> </ul> </li> <li>• <i>Learning skills:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ know how to tackle critically and autonomously mathematical problems with computational techniques</li> </ul> </li> </ul>	
Laboratorio di strumenti e misure fisiche	FIS/01	<p>Come esiti del corso si attende che gli studenti  Abbiano acquisito conoscenze tali da permettere loro di valutare e scegliere i metodi sperimentali con cui esplorare un fenomeno fisico, dimostrando capacità di progettazione delle esperienze;  Abbiano acquisito capacità di utilizzo e gestione degli strumenti di misura;  Siano capaci di analizzare i risultati ottenuti, alla luce delle finalità dell'esperienza considerata;  Sappiano comunicare in modo chiaro e privo di ambiguità i metodi usati, i risultati ottenuti e le loro conclusioni ed interpretazioni.</p>	<p>As a result of the course it is expected that the students- Are able to evaluate and choose the experimental methods with which to explore a physical phenomenon, demonstrating skills in the planning of experiments;- Have acquired the capacity to use and manage the measuring instruments;- Be able to analyze the results obtained, taking into account the aims of the experiment;- should be able to communicate clearly and without ambiguity the methods used, the results obtained and their conclusions and interpretations.</p>	<p>Aver superato gli esami dei corsi di Fisica Generale previsti nei piani di studio del Corso di laurea Triennale in Matematica. Knowledge of the contents of the General Physics courses.</p>
Logica per le Applicazioni	MAT/01	<p>Il corso vuole fornire un panorama del ruolo della Logica nelle sue aree</p>	<p>This course aims to provide a landscape of the role of Logic in Computer Science.</p>	

	<p>d'intersezione con l'Informatica, in particolare nella Teoria dei Giochi, nella Teoria degli Automi e nell'Intelligenza Artificiale.</p> <p>Il corso è diviso in tre parti. Nella prima parte si analizzano i giochi di Ehrenfeucht. Obiettivo di questa parte è familiarizzare lo studente con la teoria dei giochi e con il concetto di strategia vincente e mostrare le applicazioni della teoria dei giochi allo studio dell'espressività della logica al prim'ordine. Nella seconda parte si considerano automi a stati finiti su parole infinite utilizzandoli per dimostrare risultati classici sulla decidibilità della logica monadica al second'ordine. Obiettivo di questa parte è familiarizzare lo studente con gli automi che leggono parole infinite e con il loro potere espressivo. Nell'ultima parte si introducono e studiano logiche per il ragionamento non monotono. Obiettivo di questa parte è di mostrare come in alcuni ambiti la logica classica risulti inadeguata e possa essere sostituita da logiche non monotone.</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><i>1.1 Conoscenza e capacità di comprensione</i>  Conoscere le analogie e le differenze in potere espressivo delle logiche introdotte nel corso e essere in grado di interpretare tali logiche utilizzando giochi ed automi. Essere in grado di formalizzare un ragionamento non monotono utilizzando una logica appropriata.</p> <p><i>1.2 Conoscenza e capacità di comprensione applicate</i>  Saper riconoscere la logica più adatta alla formalizzazione di una specifica proprietà, ed essere in grado di formalizzare correttamente tale proprietà.  Saper dimostrare che una data proprietà non è esprimibile nella logica al prim'ordine.</p>	<p>The course is divided into three parts. In the first part Ehrenfeucht games are analyzed. The objective here is to get the student acquainted with game theory and to the concept of winning strategy, and to show the applications of game theory to the expressive power of first order logic. In the second part, finite state automata reading infinite words are introduced and used to prove some classical results on monadic second order logic. The objective here is to get the student acquainted with automata reading infinite words and with their expressive power. In the last part, non-monotone logics are introduced and studied. The objective here is to show that there are settings where classical logic is not adequate and can be replaced by non-monotone logic.</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>1.1 Knowledge and understanding</i>  To know analogies and differences in expressive power for the logics introduced in the course, and to be able to analyze such logics using games and automata.  To be able to formalize non-monotone reasoning using an appropriate logic.</p> <p><i>1.2 Applying knowledge and understanding</i>  To be able to recognize the logic which is more suited for formalizing a specific property and to perform such a formalization correctly.</p> <p><b>Cross-sectoral Skills/ soft skills</b></p> <p><i>2.1 Making judgements</i>  To be able to recognize a correct formalization.  To be able to evaluate which tool is more suited to solve a specific problem.</p> <p><i>2.2 Communication skills</i>  To know how to communicate the intuition behind a formalization of a problem to</p>	
--	---	---	--

		<p><b>Capacità trasversali</b></p> <p><i>2.1 Autonomia di giudizio</i> Saper riconoscere una formalizzazione corretta di un dato problema. Saper valutare quale strumento utilizzare per formalizzare uno specifico problema.</p> <p><i>2.2 Abilità comunicative.</i> Saper comunicare le proprie intuizioni e dimostrazioni ai compagni di corso. Riuscire a formalizzare un problema nel modo più semplice possibile e riuscire a spiegare tale formalizzazione in modo comprensibile. Scrivere in modo formalmente corretto la soluzione degli esercizi.</p> <p><i>2.3 Capacità di apprendimento</i> Essere in grado di approfondire in maniera autonoma gli argomenti trattati nel corso.</p>	<p>classmates. To formalize a problem using the simplest possible solution and to be able to explain this solution informally. To be able to write a formally correct solution of an exercise.</p> <p><i>2.3 Learning skills</i> To be able to further develop and deepen, by independent study, the knowledge of the role of logic in computer science.</p>	
Matematica finanziaria	SECS-S/06	<p>L'analisi finanziaria quantitativa è divenuta fondamentale per descrivere il funzionamento dei mercati finanziari. In particolare, riveste importanza tanto nei processi riguardanti le decisioni di investimento quanto nella formulazione di regolamenti per la quantificazione e gestione del rischio di intermediari finanziari. L'innovazione finanziaria implica la richiesta di studenti altamente qualificati in finanza matematica. In quest'ottica la prima parte del corso si propone di fornire agli studenti strumenti decisionali in condizioni di incertezza. In maggior dettaglio, si considera il problema di un investitore che deve effettuare scelte di portafoglio ottimali contemplando sia il rendimento che il rischio nel processo decisionale. La seconda parte si concentra su misure di rischio e requisiti patrimoniali minimi di intermediari che</p>	<p><b>Sector-specific skills</b> The first part of the course provides the fundamentals of financial mathematics under certainty conditions. The second part is devoted to elements of probability theory, revisited from a financial point of view. This will allow students to consider financial mathematics applications in stochastic frameworks (i.e. applications in portfolio theory and in actuarial fields). At the end of the course students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• knowing and managing interest, discount, final value, present value, rates, capitalization and discount factors;</li> <li>• using different accumulation and discount functions;</li> <li>• linking the properties of financial functions with arbitrage free assumptions under certainty conditions;</li> <li>• making financial evaluations under no flat yield curves;</li> </ul>	

	<p>hanno portafogli (finanziari e crediti) già in essere.</p> <p>Al termine del corso lo studente dovrà essere in grado di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• confrontare attività o portafogli rischiosi secondo il criterio dell'utilità attesa e valutarle tramite equivalenti certi;</li> <li>• comprendere gli effetti della correlazione per un'efficace diversificazione del rischio misurato in termini di varianza del rendimento;</li> <li>• selezionare portafogli ottimi di attività azionarie su orizzonti uniperiodali su mercati eventualmente dotati di un'attività priva di rischio;</li> <li>• comprendere le relazioni rischio-rendimento atteso in condizioni di equilibrio nel Capital Asset Pricing Model;</li> <li>• conoscere e maneggiare misure di rischio alternative alla varianza utilizzate nella predisposizione di regolamenti sovra-nazionali per la quantificazione dei requisiti patrimoniali di intermediari finanziari;</li> <li>• calcolare le "nuove" misure di rischio di portafogli di attività azionarie, obbligazioni, posizioni in valuta e alcuni derivati.</li> </ul> <p><b>Capacità trasversali/soft skills:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lo studente dovrebbe acquisire le conoscenze fondamentali di portfolio management e valutazione del rischio;</li> <li>• lo studente diventa consapevole dell'importanza della gestione del rischio che ha implicazioni non solo per i soggetti che per missione aziendale assumono rischi.</li> </ul> <p>Gli argomenti trattati sono di primaria importanza in corsi avanzati e master di finanza quantitativa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• evaluating annuities;</li> <li>• writing amortization schedules;</li> <li>• evaluating entrepreneurial projects;</li> <li>• giving a financial meaning to probabilities and proving the fundamental probability theorems with the no arbitrage assumption;</li> <li>• knowing the ways to characterize (discrete and continuous) random variables probability distributions;</li> <li>• knowing the most important synthetic distribution indices and giving them a financial meaning when the random variables are stochastic assets returns;</li> <li>• applying the financial and probabilistic tools to decisions under uncertainty (in particular to portfolio choices and to evaluation of life insurance premiums).</li> </ul> <p><b>Cross-sectoral skills/Soft skills:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• the student should reach a financial literacy level so that he will be able to identifying and analyzing financial information, solving financial problems;</li> <li>• students should become aware of the importance of risk in financial investing, in financial planning and in stochastic asset pricing;</li> <li>• topics handled during the course are fundamental for advanced course in quantitative finance;</li> <li>• both under certainty and uncertainty we give relevance to the no arbitrage condition that is fundamental in stochastic asset pricing in finance.</li> </ul>	
--	---	---	--

<p>Metodi numerici per equazioni differenziali</p>	<p>MAT/08</p>	<p>Il corso ha l'obiettivo di completare le conoscenze di analisi numerica affrontando i metodi numerici per la risoluzione di sistemi di equazioni differenziali ordinarie con condizioni iniziali e condizioni ai limiti. Le equazioni differenziali ordinarie descrivono sistemi dinamici finito-dimensionali che possono essere studiati sperimentalmente attraverso i risultati delle simulazioni numeriche, ma l'analisi numerica è strumento essenziale per anche per il calcolo di equilibri e orbite periodiche e la relativa analisi di biforcazione. Si intende fornire un'introduzione alle tecniche di continuazione numerica.</p> <p>Il corso include delle attività di laboratorio in Matlab, per analizzare sperimentalmente le proprietà teoriche e le prestazioni dei metodi numerici attraverso la presentazione di alcuni casi di studio. Si vuole infatti sviluppare negli/le studenti/esse anche la capacità di analisi critica dei i risultati ottenuti.</p> <p>Le competenze acquisite permettono di proseguire lo studio della disciplina in ambito più avanzato e forniscono strumenti matematici utili in altri contesti applicativi. Infatti i modelli differenziali nascono anche nelle scienze naturali e sociali, nell'ingegneria, nella medicina, nella biologia e nell'economia.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità legate alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere i risultati fondamentali e le proprietà dei principali metodi numerici per le equazioni differenziali. Svolgere in laboratorio alcuni semplici esercizi in MATLAB.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper formulare matematicamente e risolvere numericamente alcuni problemi per le equazioni differenziali. Saper valutare quale metodo risolutivo è più</p>	<p>The aim of the course is to teach how to solve numerically ordinary differential equations subject to initial conditions or boundary conditions. Ordinary differential equations describe finite-dimensional dynamical systems, which can be experimentally studied throughout numerical simulations. In this context, numerical methods play an important role in computation of equilibria and periodic orbits, and in their bifurcation analysis. The course also furnishes an introduction to numerical continuation techniques. Case studies in MATLAB will be used to experimentally analyze the theoretical properties and performance of numerical methods. The acquired skills allow to continue studying numerical analysis at advanced level, and provide useful mathematical tools relevant to various applications. Indeed differential models also arise in natural and social sciences, engineering, medicine, biology, and economics.</p> <p>The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i> Understand the fundamental results and properties of the major numerical methods for differential equations. Solve simple MATLAB exercises in the laboratory.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i> Know how to formulate mathematically and solve the fundamental problems for differential equations numerically. Know how to choose the more suitable numerical method for solving a given problem and understand its limitation. Being able to critically analyze the results of numerical simulations.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p>	<p>Teoria e metodi di Approssimazione</p>
--	---------------	---	---	---

	<p>conveniente per un dato problema. Saper analizzare criticamente i risultati delle simulazioni numeriche.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Acquisire la capacità di risolvere numericamente i problemi per le equazioni differenziali, commentare e analizzare criticamente i risultati sperimentali contenuti in grafici e tabelle, confrontando le prestazioni di diversi algoritmi. Tali abilità mirano a sviluppare la maturità di giudizio e il senso critico. Le attività proposte in laboratorio favoriscono l'abitudine al lavoro di gruppo.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare i problemi matematici e i teoremi fondamentali e le proprietà dei metodi numerici per la loro risoluzione usando la terminologia appropriata. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria dei metodi di approssimazione delle equazioni differenziali. Si consigliano testi anche in inglese, per rendere familiare l'uso di tale lingua in ambito scientifico.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Affrontare i problemi proposti selezionando in maniera autonoma i metodi numerici per la loro risoluzione, trarre le conclusioni e comunicare efficacemente. La familiarità con il MATLAB, software matematico ampiamente usato nella ricerca scientifica e in ambiente lavorativo, fornisce loro un ulteriore strumento di conoscenza. Lo studente/la studentessa potrà affrontare la risoluzione numerica di problemi gradualmente più difficili, anche autonomamente. Le equazioni differenziali trovano applicazione nelle scienze naturali e sociali, nell'ingegneria, nella medicina, nella biologia e nell'economia. Tali competenze forniscono strumenti matematici utili anche in diversi ambiti scientifici.</p>	<p><i>Making Judgements:</i> Acquire the ability to solve numerically differential problems, comment and critically analyze the numerical results by comparing the performance of different algorithms. Such skills aim to develop the maturity of judgment and the critical sense. The lab activities develop the habit of group work.</p> <p><i>Communication Skills:</i> Present mathematical problems, fundamental theorems and properties of numerical methods by using the appropriate terminology. Being able to present to a non-specialist public the salient aspects of numerical methods for differential equations. English texts are also recommended to make them familiar the language in the scientific context.</p> <p><i>Learning Skills:</i> Address the proposed problems by independently selecting the appropriate numerical method, draw conclusions, and communicate effectively. Familiarity with MATLAB provides them with an additional ability. The student will face the numerical solution of gradually more difficult problems, even independently. Differential equations apply to natural and social sciences, engineering, medicine, biology, and economics. Therefore, the acquired skills furnish useful mathematical tools for applications in various scientific areas.</p>	
--	--	---	--

<p>Modelli e Algoritmi per le Decisioni</p>	<p>MAT/09</p>	<p>Il corso presenta le principali metodologie modellistiche utilizzate nella risoluzione di problemi computazionalmente difficili, sia in ambito teorico che applicativo. Nel corso si analizzeranno tre linee di attacco a tali problemi ossia algoritmi esatti, algoritmi approssimati e algoritmi euristici (ricerca locale). Lo studente dovrà: <b>Capacità relative alla disciplina</b> <i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere le principali nozioni di teoria dei grafi e la modellizzazione tramite grafi Conoscere gli strumenti della programmazione lineare intera e le nozioni elementari di complessità computazionale Avere dimestichezza nella lettura/scrittura di modelli matematici formali e rigorosi Essere in grado di esprimere in forma algoritmica un processo risolutivo astratto, usando un linguaggio di programmazione o uno pseudocodice <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper riconoscere gli aspetti fondamentali nella formulazione di un modello per un problema di ottimizzazione reale (variabili, vincoli, obiettivo) Saper valutare la complessità computazionale di un problema e l'efficacia di un algoritmo Proporre soluzioni euristiche o sub-ottime per problemi particolarmente complessi <b>Capacità trasversali/soft skills</b> <i>Autonomia di giudizio:</i> Essere in grado di applicare l'approccio algoritmico più adatto alla risoluzione di un particolare problema Essere in grado di aiutare a formulare in modo matematicamente corretto un problema di ottimizzazione del mondo produttivo/industriale</p>	<p>The goal is to describe the main modeling techniques used for the solution of computationally hard problems (such as machine and personel scheduling). By the end of the course, the student should be capable of modeling a standard optimization problem such as those arising in planning and resource allocation, and to propose suitable approaches for its solution.</p>	<p>corsi di base di natura matematico-algoritmica</p>
---	---------------	---	---	---

		<p>Essere in grado di predisporre la stesura di un approccio algoritmico anche sviluppato da terzi</p> <p><i>Abilità comunicative:</i>          Conoscere il linguaggio della teoria dei grafi, dell'ottimizzazione e della matematica in generale          Saper descrivere le difficoltà implementative di approcci troppo complessi          Saper illustrare impedimenti teorici all'applicabilità di determinati algoritmi a problemi intrattabili da un punto di vista teorico-computazionale</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i>          Studiare in maniera autonoma, a partire dalla bibliografia consigliata          Saper formulare i modelli opportuni per i problemi illustrati a lezione e per altri definiti in modo autonomo          Sperimentare con strumenti software o programmi scritti autonomamente alcune delle idee viste nel corso</p>		
Ottimizzazione Combinatoria	MAT/09	<p>Il corso presenta alcune classi fondamentali di problemi e metodologie dell'Ottimizzazione Combinatoria.</p> <p>Al termine del corso lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i>          conoscere metodi risolutivi per la PL/PLI basati sulla generazione di colonne;          conoscere la teoria della dualità ed i metodi Lagrangiani;          conoscere la teoria delle reti di flusso ed alcuni metodi risolutivi;          conoscere la programmazione dinamica ed alcune sue applicazioni alla risoluzione di problemi di ottimizzazione combinatoria;</p>	<p>The course presents some fundamental classes of problems and methodologies of Combinatorial Optimization.</p> <p>At the end of the course the student will:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i>          know how to apply the column generation approach to solve models with an exponential number of variables;          know the theory of duality and Lagrangian methods;          know the theory of network flows and the algorithms for some classical network problems;</p>	

		<p>conoscere gli argomenti di base della teoria dei matroidi ed alcune applicazioni in ottimizzazione combinatoria;  conoscere gli algoritmi risolutivi per alcuni classici problemi su grafi.  <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>  sapere proporre ed utilizzare metodi risolutivi basati sulla generazione di colonne;  sapere proporre ed utilizzare metodi risolutivi basati sul rilassamento lagrangiano dei vincoli;  essere in grado di formulare modelli di flusso per problemi combinatori/applicativi;  saper definire uno schema di programmazione dinamica e dedurre un algoritmo risolutivo per problemi con particolare struttura;  sapere applicare gli algoritmi presentati nel corso per la risoluzione di semplici istanze dei problemi di cammino minimo, flusso a costo minimo, massimo flusso, albero di supporto di costo minimo, accoppiamento.  <b>Capacità trasversali/soft skills</b>  <i>Autonomia di giudizio:</i>  sapere individuare modelli ed algoritmi appropriati per problemi di ottimizzazione combinatoria.  <i>Abilità comunicative:</i>  sapere presentare gli argomenti svolti nel corso con rigore formale e completezza.  <i>Capacità di apprendimento:</i>  essere in grado di approfondire autonomamente gli argomenti del corso in relazione ad aspetti formali non svolti in classe;  essere in grado di consultare la letteratura scientifica del settore.</p>	<p>know about dynamic programming and its applications to solve combinatorial optimization problems;  know the basic arguments of matroid theory and its applications in combinatorial optimization;  know how to solve some classic problems on graphs.  <i>Applying knowledge and understanding:</i>  be able to propose and solve models that require a column generation approach;  be able to solve suitable problems using the Lagrangian relaxation of constraints;  be able to formulate flow models for combinatorial / applicational problems;  know how to define a dynamic programming scheme and deduce a resolution algorithm for problems with particular structure;  know how to apply the algorithms presented in the course to solve simple instances of the minimum path problem, the min cost flow problem, the maximum flow, the minimum spanning tree and matching problems.  <b>Cross-sectoral skills/soft skills</b>  <i>Making judgments:</i>  Be able to identify suitable models and algorithms for combinatorial optimization problems.  <i>Communication skills:</i>  be able to present the subjects of the course with formal rigor and completeness.  <i>Learning skills:</i>  be able to consult the scientific literature of the discipline.</p>	
Particelle e interazioni fondamentali	FIS/01	<p>Lo studente dovrà:  <b>Capacità relative alle discipline</b>  <i>Conoscenza e comprensione:</i></p>	<p>The student should be able to:  <b>Sector-specific skills</b>  <i>Knowledge and understanding:</i></p>	Analisi matematica I e

	<p>Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali della fisica delle particelle</p> <p>Conoscere le principali tecniche di rivelazione in esperimenti ai collisionatori adronici</p> <p>Conoscere i principi di funzionamento di un acceleratore.</p> <p>Conoscere alcuni dei problemi aperti in fisica delle particelle, esaminando gli approcci in corso per tentare di risolverli.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Saper affrontare e risolvere alcuni conti fondamentali (i.e: calcoli di relatività ristretta, computo di masse invarianti, composizione di momenti angolari e spin)</p> <p>Saper utilizzare un esempio di simulazione Monte Carlo di processi di collisione protone-protone ad un acceleratore</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>Saper individuare le tecniche sperimentali migliori per effettuare un certo tipo di misura (energia, impulso, carica, identità della particella)</p> <p>Saper valutare la difficoltà di problemi specifici.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p> <p>Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria, appresi durante il corso.</p> <p>Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti del Modello Standard e qualche problema moderno nella fisica delle alte energie.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i></p> <p>Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato.</p> <p>Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica</p> <p>Approfondire i temi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi</p>	<p>Acquire some particle physics' basic concepts and results.</p> <p>Acquire the knowledge on basic detection techniques of hadronic colliders experiments.</p> <p>Understand the working principles of an accelerator.</p> <p>Gain awareness of some outstanding problems in particle physics; consider the ongoing approaches and try to solve them.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i></p> <p>Be able to face up and solve some basic calculations (e.g.: special relativity calculations, invariant masses computations, angular momenta and spins compositions).</p> <p>Be able to run an example of Monte Carlo simulation of proton-proton collisions at the proton-proton Large Hadron Collider</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Judging ability:</i></p> <p>Be able to identify the best available experimental techniques for a specific type of measurements (energy, momentum, charge, particle's identification)</p> <p>Be able to evaluate the critical points related to a specific problem.</p> <p><i>Communication skills:</i></p> <p>Prepare and show scientific oral and written presentations on a specific topic</p> <p>Explain to a non-specialist public the key aspects of the Standard Model and some modern problems in high-energy physics</p> <p><i>Learning skills:</i></p> <p>Read a scientific paper on the chosen subject for the final exam</p>	<p>Analisi matematica II.</p> <p>Mathematical analysis I and Mathematical analysis II</p>
--	---	--	---

			<p>Perform on a personal base a bibliographic search</p> <p>Study the proposed topics in depth; selecting those which look like the most interesting ones</p>	
Preparazione di esperienze didattiche	FIS/08	<p><b>Capacità relative alla disciplina</b>  <i>Conoscenza e comprensione</i>  Conoscere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'organizzazione concettuale dei principali ambiti della fisica (moto, fenomeni elettrici, magnetici, ottici fenomeni termici ecc.).</li> <li>- le metodologie di indagine scientifica e i principali paradigmi didattici per l'insegnamento/apprendimento delle scienze empiriche (es. ciclo P.E.C.), acquisendo consapevolezza della centralità del concetto di "misura" nello sviluppo della conoscenza scientifica.</li> </ul> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</i>  Saper:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- definire obiettivi generali e specifici dei percorsi di apprendimento progettati, articolando gli stessi in fasi correlate agli obiettivi, prevedendo il ruolo attivo degli alunni in attività di esplorazione sperimentale e concettuale.</li> <li>- costruire percorsi di apprendimento per la scuola secondaria, che siano coerenti con un processo di insegnamento/apprendimento a sviluppo verticale che realizza il passaggio da forme di conoscenza di senso comune e individuali a forme di conoscenza progressivamente formalizzate e condivise di tipo scientifico.</li> <li>- allestire e condurre semplici esperimenti realizzabili con materiali di basso costo e facile reperibilità.</li> </ul>	<p>The course aims to form the competences of the Dublin descriptors for physics professional teacher competence in creating operational-based learning environments inspired by physical science research, as detailed in internationally literature (Steps two benchmarks, WCPE, 2012) and in particular the goal is to integrate content and conceptual knowledge in physics with those main explorative experimental activities that constitute the phenomenological basis.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Form a teacher that integrates content knowledge (CK) with pedagogical knowledge (PK) for a professional teaching competence (PCK) able to use and build pathways for the young people education focusing on physics own specific role, tools and specific physics methods experienced by students.</li> <li>• Provide expertise in the preparation of experimental and conceptual experience organized in laboratory pathways on the main subjects of physics in secondary school</li> <li>• To reconstruct fundamentals of physics in educational perspective in order to shape those cultural bases that allow to answer questions and organize experimental problem solving.</li> <li>• Design activities based on IBL strategies and personal student engagement</li> <li>• Accustoming to metacognitive reflection on scientific knowledge to build a personal conceptual knowledge and design coherent</li> </ul>	<p>corsi del primo biennio della Laurea Triennale  A basic physics course of at least 6 cfu.</p>

		<p>- progettare e mettere in campo strumenti e metodi di attività, di relativa analisi degli apprendimenti e di valutazione della dinamica concettuale messa in campo, oltre che degli esiti formativi.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b>  <i>Capacità di giudizio.</i> Essere in grado di valutare l'efficacia di un percorso didattico, mettendolo esplicitamente in rapporto alle "Indicazioni sul curriculum" per ciò che concerne lo sviluppo delle competenze.  <i>Capacità di comunicazione.</i>  Saper esporre con chiarezza:  - Le caratteristiche ed i risultati degli esperimenti svolti, utilizzando in parti-colare le più comuni rappresentazioni grafiche (istogrammi, aerogrammi ecc.).  - Le finalità di un percorso di apprendimento in ambito scientifico, evidenziando in particolare il ruolo dell'attività laboratoriale specifica.  <i>Capacità di apprendimento.</i>  Saper ricercare nella rete internet, e saper utilizzare, fonti di materiali documentali utili alla preparazione e conduzione di esperimenti didattici, con particolare riferimento a materiali multimediali.  Saper utilizzare:  - fenomeni osservati mediante gli esperimenti per introdurre i concetti fisici di base.  - libri di testo di fisica della scuola secondaria per richiamare le principali conoscenze</p>	<p>proposals in educational contexts..</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Discussing research findings on scientific and physical learning processes in particular to develop competences aimed at the use of effective strategies and methods to create environments of learning in that field.</li> <li>• Offer opportunities to meet, experiment, discuss and re-elaborate educational proposals for Physical learning in secondary school.</li> <li>• Learn to document spontaneous processes of conceptual knowledge building in Physics to use it in operational terms.</li> <li>• Address issues that are necessary to ensure competence on the following topics in the by Ministry established curriculum: measures and units of measurement; Measuring instruments and their characteristics; Calibration of measuring instruments and transfer function; Property and structure of matter; Study of motion; Properties of fluid in equilibrium; Electrostatic and electrical circuits; Thermal phenomena; Magnetic phenomena; the sound; Optical phenomena; Electromagnetic phenomenology, spectroscopy, foundations of quantum mechanics.</li> </ul>	
Teoria generale dei Sistemi Dinamici	MAT/01	Il corso si propone di fornire una trattazione e un panorama quanto più possibile ampi della teoria dei sistemi dinamici. Si ripromette di fornire un linguaggio generale e preciso, adatto ai molteplici aspetti della disciplina, nonché di fornire gli strumenti di base in modo rigoroso e applicabile	The student will learn the basic aspects of the theory of dynamical systems. He will learn to formalize and treat problems arising in the theory, and from other areas of mathematics. He will have to present some course topic. He	Primo biennio della Laurea Triennale

		<p>a problemi concreti, spesso nascenti da altre aree della matematica.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Conoscere la teoria ergodica classica e alcune linee di sviluppo della teoria moderna.</p> <p>Saper vedere i collegamenti con altre aree della matematica. Saper utilizzare un linguaggio preciso e rigoroso.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Saper formalizzare problemi che nascono sia dalla disciplina in sé, sia da altre aree della matematica. Saper risolvere tali problemi tramite gli strumenti appresi o, eventualmente, in modo creativo.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>Saper pensare in modo critico. Saper individuare i problemi, e saper distinguere le difficoltà profonde dalle difficoltà meramente tecniche.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p> <p>Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso. Saper presentare gli aspetti della teoria e qualche sua applicazione. Saper utilizzare, per i problemi a cui si prestano, strumenti moderni di calcolo e di visualizzazione.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i></p> <p>Riuscire a leggere un articolo di ricerca.</p> <p>Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica e tramite la rete.</p> <p>Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi</p>	will have to study in an autonomous and creative way.	
Sistemi dinamici applicati	MAT/08	Si tratta di un corso avanzato orientato allo studio dei sistemi dinamici nei loro aspetti di carattere maggiormente numerico e applicativo.	It is an advanced course devoted to the study of dynamical systems, mainly in their numerical and applicative aspects. First, it is	

		<p>In primo luogo si intende affrontare le tematiche dei metodi numerici di continuazione come strumento essenziale per l'analisi di biforcazione di equilibri e orbite periodiche nel campo delle equazioni differenziali ordinarie. In secondo luogo si vuole sviluppare la teoria dei sistemi dinamici a tempo continuo su spazi di Banach con riferimento alle equazioni funzionali con ritardo (differenziali e integrali), proponendo lo studio della teoria dei semigrupperi e dei loro generatori, la relativa teoria spettrale con riferimento alle tematiche di stabilità, l'analisi di metodi numerici per l'approssimazione degli operatori e dei loro spettri e l'applicazione nel contesto delle dinamiche di popolazioni, con enfasi su modelli di interesse nei campi dell'epidemiologia e dell'ecologia. Per il suo carattere avanzato, il programma del corso e le sue modalità d'esame potranno variare, anche in relazione agli interessi dei partecipanti.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Conoscenza e comprensione:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ conoscere gli aspetti base dell'analisi dinamica di un sistema</li> <li>◦ avere chiaro lo schema dell'analisi di stabilità locale attraverso il principio di linearizzazione</li> <li>◦ apprendere le linee guida per studiare i cambi di comportamento dinamico al variare dei parametri coinvolti</li> <li>◦ comprendere i fondamenti dei metodi numerici di continuazione e di analisi spettrale, anche in contesti infinito-dimensionali</li> </ul> </li> </ul>	<p>aimed at studying numerical continuation as an essential tool for the bifurcation analysis of equilibria and periodic orbits in the field of ordinary differential equations. Second, the theory of continuous-time dynamical systems will be developed on Banach spaces, with reference to retarded functional equations (differential or integral), proposing the study of the theory of semigroups and their generators, the relevant spectral theory with connection to stability, the analysis of numerical methods for approximating operators and spectra and the application in the context of population dynamics, with particular emphasis on the models of interest in ecology and epidemiology. Due to its advanced character, both program and exam can be adapted, also in relation to the interest of the students.</p> <p>The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Knowledge and comprehension:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ know the basic aspects of the analysis of the dynamics of a system</li> <li>◦ have clear the recipe for the local stability analysis based on the principle of linearization</li> <li>◦ learn the guidelines to study the changes in the dynamical behaviors due to varying parameters</li> <li>◦ understand the fundamentals of the methods of numerical continuation and spectral approximation, also in infinite-dimensional contexts</li> </ul> </li> </ul>	
--	--	---	---	--

		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ familiarizzare con alcune differenze essenziali dell'analisi in spazi a dimensione finita e infinita</li> <li>• <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ essere in grado di impostare l'analisi qualitativa e numerica di certe soluzioni e della loro stabilità</li> <li>◦ saper effettuare un'analisi base della dinamica al variare di parametri</li> <li>◦ saper applicare metodi numerici per lo studio della dinamica a modelli matematici anche realistici</li> </ul> </li> <li><b>Capacità trasversali/soft skills</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Autonomia di giudizio:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ saper individuare le fasi essenziali e i metodi adatti per l'analisi della dinamica</li> </ul> </li> <li>• <i>Abilità comunicative:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ saper presentare l'analisi dei comportamenti dinamici anche ad un pubblico non specialista</li> <li>◦ saper discutere le caratteristiche principali di certi modelli matematici</li> </ul> </li> <li>• <i>Capacità di apprendimento:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ approfondire in maniera autonoma a partire dalla bibliografia consigliata</li> <li>◦ estendere i risultati e i metodi appresi ad altri modelli</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ become familiar with some essential differences between spaces with finite and infinite dimension</li> <li>• <i>Applying knowledge and understanding:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ be able of setting the qualitative and numerical analysis of certain solutions and of their stability</li> <li>◦ know how to perform a basic analysis of the dynamics under parameter variation</li> <li>◦ know how to apply numerical methods to the study of the dynamics of mathematical models, also realistic ones</li> </ul> </li> <li><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Making judgements:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ know how to individuate the main steps and the suitable methods for the analysis of the dynamics</li> </ul> </li> <li>• <i>Communication skills:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ know how to illustrate the analysis of the dynamical behaviors also to a non-specialized audience</li> <li>◦ know how to discuss the principal features of certain mathematical models</li> </ul> </li> <li>• <i>Learning skills:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ deepen the study autonomously starting from the suggested bibliography</li> <li>◦ extend results and methods also to other models</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	
Statistica I	SECS-S/01	L'insegnamento introduce i modelli statistici e la loro corroborazione empirica. Presenta poi le procedure fondamentali dell'inferenza statistica	The course is an introduction to statistical modeling and inference. It presents the main procedures of frequentist statistical inference,	Non sono previste propedeuticità,

	<p>ed alcune importanti applicazioni, sulla base del metodo dell'analogia per il reperimento di sintesi informative. I punti principali toccati nel corso sono: modelli probabilistici notevoli e distribuzioni campionarie di statistiche, esatte e asintotiche, e il metodo delta; la simulazione; i dati e la loro analisi preliminare; i dati come realizzazioni di variabili casuali; i modelli statistici, parametrici e non parametrici; la corroborazione empirica del modello statistico; sintesi campionarie informative sui parametri ignoti del modello statistico e statistiche sufficienti minimali; la stima puntuale e i metodi di stima; introduzione ai test di verifica di ipotesi statistiche e la stima intervallare: alcuni esempi notevoli.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Conoscenze relative alla disciplina</b>  <i>Conoscenza e comprensione:</i>  Conoscere gli elementi fondamentali del calcolo delle probabilità utili per descrivere e rappresentare fenomeni aleatori, sia in ambito univariato che multivariato  Comprendere l'utilità dei modelli statistici per la ricerca nell'ambito delle scienze biologiche, ingegneristiche ed economico-sociali  Conoscere e comprendere gli elementi di base dell'inferenza statistica  <i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>  Essere in grado di utilizzare i metodi statistici per descrivere, analizzare e interpretare dati relativi ad esperimenti casuali elementari quali il campionamento casuale semplice</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b>  <i>Autonomia di giudizio:</i>  Saper scegliere il modello e i metodi statistici più appropriati per analizzare uno specifico</p>	<p>point estimation, statistical tests, confidence intervals. In detail: special probability models; exact and asymptotic (delta method) sampling distributions of statistics; stochastic simulation; data and preliminary data analysis; data as realization of random variables; parametric and non-parametric statistical models; sufficient statistics; methods of point estimations; important examples of testing procedures and of interval estimation.</p> <p>The student will have:</p> <p><b>Sector-specific skills</b>  <i>Knowledge and understanding:</i>  To know the elements of Probability Theory useful to describe and represent random phenomena, both univariate and multivariate  To understand the usefulness of statistical models for biological, technological and socio-economic sciences  To know and understand the basic elements of statistical inference  <i>Applying knowledge and understanding:</i>  To be able to use statistical methods to describe, analyze and interpret data obtained from random experiments such as simple random sampling.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b>  <i>Making judgements:</i>  To be able to choose model and statistical methods apt to analyze a particular random experiment; to be able to interpret the result of a statistical procedure  <i>Communication skills:</i>  To be able to present, also in oral form, in a convincing and correct way, the fitting of a particular statistical model, explaining the obtained results and giving reasons motivating the adopted methodology</p>	<p>ma sono comunque necessarie le competenze acquisite nei corsi di Probabilità I, Analisi Matematica I e II, Geometria I. Good acquaintance with Probability, Calculus, Linear Algebra</p>
--	---	---	---

		<p>esperimento casuale e per interpretarne i risultati</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Saper presentare, anche oralmente, in modo convincente e corretto l'uso di uno specifico modello statistico, motivando i risultati ottenuti e giustificando la metodologia adottata</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Riuscire a capire i contenuti di un testo avanzato di teoria dell'inferenza statistica e ad acquisire conoscenze più specifiche su modelli statistici complessi.</p>	<p><i>Learning skills:</i> To be able to understand the contents of a text on theoretical statistics and to acquire in-depth knowledge on more complex statistical models.</p>	
Statistica II	SECS-S/01	<p>L'insegnamento approfondisce l'inferenza statistica parametrica basata sulla funzione di verosimiglianza. Presenta alcuni elementi della teoria dell'ottimalità dei test statistici e delle regioni di confidenza, e tratta applicazioni riferite a modelli di regressione. I punti principali toccati sono: complementi sulle leggi normali multivariate e distribuzioni collegate; il lemma di Neyman-Pearson e test uniformemente massimamente potenti; dualità fra proprietà campionarie di certi test e regioni di confidenza da essi dedotte; il P-value; la funzione di verosimiglianza, la funzione di punteggio, l'informazione osservata e attesa; procedure inferenziali basate sulla funzione di verosimiglianza; inferenze in presenza di parametri di disturbo: la verosimiglianza profilo e le corrispondenti procedure inferenziali; la teoria asintotica del primo ordine; i risultati di base per il reperimento di test ottimi e di stimatori efficienti fra i non distorti; modelli di regressione per dati di conteggio e per dati di misurazione con errore normale.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i></p>	<p>The course is an introduction to bivariate and multivariate statistical modeling and to likelihood-based frequentist inference. In detail: conditional distributions, multinomial models, regression functions and the decomposition of variance, sufficient statistics and Rao-Blackwell theorem; multivariate normal laws and the normal linear model; statistical tests: the inferential approach (P-value) and the decision-theoretic approach; methods for obtaining confidence regions; the likelihood function and likelihood quantities; likelihood-based inferential procedures and first-order asymptotic theory. Estimating equations and pseudo-likelihoods; likelihood inference in the presence of nuisance parameters: the profile likelihood.</p> <p>The student will have:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i> To know the elements of Probability Theory useful to describe and represent multivariate random phenomena To understand the usefulness of statistical models for biological, technological and socio-economic sciences</p>	Statistica I

		<p>Conoscere gli elementi fondamentali del calcolo delle probabilità utili per descrivere e rappresentare fenomeni aleatori, sia in ambito univariato che multivariato</p> <p>Comprendere l'utilità dei modelli statistici parametrici per la ricerca nell'ambito delle scienze biologiche, ingegneristiche ed economico-sociali</p> <p>Conoscere e comprendere gli elementi di base della teoria frequentista dell'inferenza statistica basata sulla funzione di verosimiglianza</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Essere in grado di utilizzare i metodi statistici per descrivere, analizzare e interpretare dati relativi ad esperimenti casuali anche tenendo conto degli effetti di variabili concomitanti</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>Saper scegliere i modelli e i metodi statistici più appropriati per analizzare uno specifico esperimento casuale e per interpretare i risultati sperimentali</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p> <p>Saper presentare in modo convincente e corretto l'uso di uno specifico modello statistico, motivando i risultati ottenuti e giustificando la metodologia adottata, anche a non utenti non specialisti</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i></p> <p>Saper comprendere i contenuti di un testo avanzato di teoria dell'inferenza statistica ed acquisire conoscenze più specifiche su modelli statistici complessi, anche utilizzando articoli di ricerca.</p>	<p>To know and understand the basic elements of the theory of frequentist statistical inference based on the likelihood function</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i></p> <p>To be able to use statistical methods to describe, analyze and interpret data obtained from random experiments also accounting for the effects of concomitant variables</p> <p><b>cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgements:</i></p> <p>To be able to choose model and statistical methods apt to analyze a particular random experiment; to be able to interpret the result of a statistical procedure</p> <p><i>Communication skills:</i></p> <p>To be able to present, also in oral form, in a convincing and correct way, the fitting of a particular statistical model, explaining the obtained results and giving reasons motivating the adopted methodology also to non-statistically trained users</p> <p><i>Learning skills:</i></p> <p>To be able to understand the contents of a text on theoretical statistics and to acquire in-depth knowledge on more complex statistical models, also exploring research articles</p>	
Teoria degli insiemi	MAT/01	<p>Obiettivi Formativi Specifici.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Conoscere gli argomenti fondamentali ed acquisire le tecniche principali della</li> </ul>	<p>Specific educational objectives.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>To know the fundamental topics and to learn the main techniques of set</li> </ul>	Corso di Logica Matematica della Laurea Triennale

		<p>teoria degli insiemi, quali l'aritmetica cardinale, i grandi cardinali, l'assioma di Martin, gli insiemi costruibili, il forcing e i risultati di indipendenza.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sviluppare concetti e tecniche utilizzabili sia all'interno della teoria degli insiemi che in altre parti della matematica contemporanea.</li> </ul> <p>Lo/la studente/essa dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><i>1.1. Conoscenza e capacità di comprensione</i> Conoscere lo sviluppo assiomatico della teoria degli insiemi, l'assioma di Martin, gli insiemi costruibili, il forcing, e comprendere le dimostrazioni di indipendenza.</p> <p><i>1.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione</i> Saper dimostrare i teoremi fondamentali della teoria degli insiemi. Saper giustificare risultati di non dimostrabilità attraverso l'uso di appropriati modelli interni alla teoria degli insiemi.</p> <p><b>Capacità trasversali / soft skills</b></p> <p><i>2.1 Autonomia di giudizio</i> Saper individuare le tecniche necessarie a risolvere problemi assegnati. Saper valutare la difficoltà di specifici problemi di teoria degli insiemi.</p> <p><i>2.2 Abilità comunicative</i> Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria degli insiemi.</p> <p><i>2.3 Capacità di apprendimento</i> Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi.</p>	<p>theory, such as cardinal arithmetic, large cardinals, Martin's axiom, absoluteness, constructible sets, forcing and independence results.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• To develop notions and techniques which can be used both inside set theory and in other areas of contemporary mathematics.</li> </ul> <p>Students should</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>1.1. Knowledge and understanding</i> know the axiomatic development of set theory, Martin's axioms, constructible sets, forcing and understand independence proofs.</p> <p><i>1.2 Applying knowledge and understanding</i> be able to prove the most fundamental theorems of set theory; be able to explain the improbability of a statement by using appropriate inner models.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/Soft skills</b></p> <p><i>2.1 Making judgements</i> be able to isolate the techniques needed to solve a given problem; be able to assess the difficulty of specific problems in set theory.</p> <p><i>2.2 Communication skills</i> expose, verbally and in writing, an argument or a mathematical theory studied during the course; be able to explain to a non-specialist audience the main features of set theory.</p> <p><i>2.3 Learning skills</i> be able to read a research paper dealing with the topics of the course; carry out an autonomous bibliographic search; deal with the problems assigned, selecting the most important.</p>	<p>Mathematical Logic of the Laurea Triennale</p>
--	--	--	---	---

Teoria dei Giochi	MAT/09	<p>Il corso presenta argomenti classici di teoria delle decisioni e teoria dei giochi.</p> <p>Al termine del corso lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i></p> <p>conoscere la teoria dell'utilità e le sue motivazioni;</p> <p>conoscere le principali tecniche risolutive per problemi di decisione;</p> <p>conoscere i concetti fondamentali della teoria dei giochi e le forme di rappresentazione;</p> <p>conoscere la teoria dei giochi competitivi, i suoi modelli e alcuni metodi per la determinazione degli equilibri;</p> <p>conoscere la teoria ed i metodi risolutivi per i giochi cooperativi a due persone;</p> <p>conoscere la teoria e le soluzioni dei giochi in forma caratteristica.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>saper modellare e risolvere semplici problemi di decisione;</p> <p>saper modellare e risolvere semplici situazioni di gioco.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>sapere individuare modelli e soluzioni per problemi di decisione/gioco.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p> <p>sapere presentare gli argomenti svolti nel corso con rigore formale e completezza.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i></p> <p>essere in grado di approfondire autonomamente gli argomenti del corso in relazione ad aspetti non svolti in classe;</p> <p>essere in grado di studiare autonomamente argomenti di teoria dei giochi non svolti nel corso.</p>	<p>The course presents the main arguments of decision theory and game theory.</p> <p>At the end of the course the student will</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i></p> <p>know the utility theory and its motivations;</p> <p>know the main techniques for decision-making problems;</p> <p>know the fundamental concepts of game theory and the forms of a game;</p> <p>know the theory of competitive games and its models and issues;</p> <p>know the theory and the methods of resolution for 2-persons cooperative games;</p> <p>know the theory of games in characteristic form.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i></p> <p>Be able to model and solve simple decision problems;</p> <p>be able to model and solve simple game situations.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgments:</i></p> <p>Be able to identify models and solutions for decision / game problems.</p> <p><i>Communication skills:</i></p> <p>Be able to present the subjects of the course with rigor and completeness.</p> <p><i>Learning skills:</i></p> <p>Be able to consult the literature of the discipline.</p>	
-------------------	--------	--	---	--

Teoria dei numeri	MAT/03	<p>Il corso è fornire una introduzione classica ad uno degli aspetti fondamentali della teoria dei numeri: le equazioni diofantee, l'approssimazione diofantea e la trascendenza, la teoria analitica dei numeri, oppure la teoria algebrica. Uno scopo primario del corso è lo sviluppo di tecniche di tipo algebrico, analitico e/o geometrico, apprese nei corsi fondamentali, nello studio di problemi aritmetici.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali di teoria dei numeri</p> <p>Conoscere alcuni problemi moderni in teoria dei numeri, rilevandone le difficoltà</p> <p>Saper utilizzare un linguaggio moderno nella formulazione di problemi aritmetici</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Saper affrontare e risolvere con linguaggio moderno o elementare alcuni problemi classici della teoria dei numeri</p> <p>Saper individuare relazioni tra questioni aritmetiche e problemi o teorie di ambito diverso</p> <p>Saper risolvere problemi aritmetici anche al di fuori di quelli specificamente trattati nel corso</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>Saper individuare le tecniche analitiche, algebriche o geometriche più adatte nel risolvere problemi assegnati.</p> <p>Saper valutare la difficoltà di problemi aritmetici specifici.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p> <p>Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria matematica, appreso durante il corso.</p> <p>Saper presentare ad un pubblico non specialista</p>	<p>The student will learn how to use in arithmetical contexts his abilities in analysis, algebra and geometry, acquired during the first years of his studies.</p> <p>He will learn the classical results in analytic number theory, obtained by Euler, Gauss, Lagrange, Riemann, Dirichlet, up to a complete proof of the Prime Number Theorem, hence learning to apply the theory of Fourier transform to concrete problems.</p> <p>He will be able to attack some arithmetic problems that can be solved by making use of sieve methods or the analytic study of zeta, L or theta functions</p> <p>In general, he will be able to detect the links between arithmetical problems and questions or theories of different nature.</p> <p>In addition, the student will become acquainted with some open problems and conjectures, which will be discussed in order to show their difficulty and their relationships with other mathematical problems.</p>	Primo biennio della Laurea Triennale
-------------------	--------	--	--	--------------------------------------

		<p>gli aspetti salienti della teoria classica e qualche problema moderno nella teoria dei numeri analitica, algebrica o diofantea.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi</p>		
Teoria e Metodi di Approssimazione	MAT/08	<p>Il corso fornisce le conoscenze di base riguardo la teoria e i metodi numerici per l'approssimazione di dati e funzioni, di integrali e derivate. Il corso include una breve introduzione al MATLAB, software matematico ampiamente usato in molti ambiti di ricerca e lavorativi, e delle attività di laboratorio, per analizzare sperimentalmente le proprietà teoriche e le prestazioni dei metodi numerici attraverso la presentazione di alcuni casi di studio. Le competenze acquisite permettono di proseguire lo studio della disciplina in ambito più avanzato e forniscono strumenti matematici utili sia per l'informatica che in altri contesti applicativi. Infatti i problemi trattati nascono anche nelle scienze naturali e sociali, nell'ingegneria, nella medicina, nella biologia e nell'economia.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità legate alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere i risultati fondamentali e le proprietà dei principali metodi numerici di teoria dell'approssimazione, integrazione e derivazione. Apprendere le istruzioni base del software matematico MATLAB svolgendo in laboratorio alcuni semplici esercizi.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper formulare matematicamente e risolvere numericamente</p>	<p>The course provides basic knowledge of theory and numerical methods for approximating data and functions, integrals and derivatives. The course includes a brief introduction to MATLAB, a mathematical software widely used in many research fields and in the work environment, and laboratory activities to experimentally analyze the theoretical properties and the performance of the numerical methods. The acquired skills allow to continue studying numerical analysis at an advanced level, and provide useful mathematical tools relevant to various applications. The problems presented in the course also arise in computer science, natural and social sciences, engineering, medicine, biology, and economics.</p> <p>The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding:</i> Understand the fundamental results and properties of the numerical methods to approximate functions, integrals and derivatives. Learn MATLAB basics by solving simple exercises.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding:</i> Know how to formulate mathematically and solve numerically some classic problems of approximation theory. Know how to choose</p>	

		<p>alcuni problemi classici della teoria dell'approssimazione. Saper valutare quale metodo risolutivo è più conveniente per un dato problema. Saper analizzare criticamente i risultati delle simulazioni numeriche. Tali competenze forniscono strumenti matematici utili per le applicazioni che si incontrano sia in informatica che in altre discipline, quali le scienze naturali e sociali, nell'ingegneria, nella medicina, nella biologia e nell'economia.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b>  <i>Autonomia di giudizio:</i> Acquisire la capacità di risolvere semplici problemi di approssimazione, analizzando i risultati numerici e confrontando le prestazioni di diversi algoritmi. Tali abilità mirano a sviluppare la maturità di giudizio e il senso critico. Le attività proposte in laboratorio favoriscono l'abitudine al lavoro di gruppo.  <i>Abilità comunicative:</i> Presentare i problemi matematici presentati nel corso e le proprietà dei metodi numerici per la loro risoluzione usando la terminologia appropriata. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria e dei metodi di approssimazione.  <i>Capacità di apprendimento:</i> Affrontare i problemi proposti selezionando in maniera autonoma i metodi numerici per la loro risoluzione, trarre le conclusioni e comunicare efficacemente.</p>	<p>the more suitable numerical method for solving a given problem. Being able to critically analyze the results of numerical simulations.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b>  <i>Making Judgements:</i> Acquire the ability to solve simple approximation problems, analyzing numerical results and comparing the performance of different algorithms. Such skills aim to develop the maturity of judgment and the critical sense. The lab activities help develop group work.  <i>Communication Skills:</i> Present the approximation problems and the properties of the numerical methods for their resolution using the appropriate terminology. Be able to present to a non-specialist public the salient aspects of approximation theory and practice.  <i>Learning Skills:</i> Address the proposed problems by independently selecting numerical methods for their resolution, drawing conclusions, and communicating effectively. Familiarity with MATLAB, a mathematical software widely used in many scientific fields, provides with an additional ability.</p>	
Teoria qualitativa dei sistemi dinamici	MAT/05	<p>Il corso vuole introdurre gli studenti a diversi aspetti della teoria dei sistemi dinamici continui e discreti utilizzando metodi di tipo topologico e analitico con applicazioni alla teoria qualitativa delle equazioni differenziali negli spazi di dimensione finita e sulle varietà. In particolare, verranno considerate proprietà fondamentali relative allo studio dei punti di equilibrio e delle orbite periodiche, nonché la loro stabilità o</p>	<p>The aim of the course is to introduce students to different aspects of the theory of continuous and discrete dynamical systems using topological and analytical methods, with applications to the qualitative theory of differential equations in finite dimensional spaces and manifolds. In particular, during the course, some fundamental properties will be presented about equilibrium points and</p>	

	<p>instabilità e la possibile presenza di dinamiche complesse (caos deterministico). Durante il corso verranno altresì introdotti e sviluppati alcuni importanti metodi topologici di analisi non lineare, relativi alla teoria dei punti fissi e delle loro applicazioni, in modo che lo studente interessato possa acquisire degli utili strumenti per affrontare problemi di ricerca di interesse attuale.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i> Conoscere e comprendere i concetti fondamentali presentati nel corso.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i> Saper applicare gli elementi teorici presentati nel corso nella risoluzione di problemi specifici attinenti modelli matematici basati sulle equazioni differenziali.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i> Saper individuare le tecniche più adatte per affrontare alcuni problemi assegnati di tipo teorico o applicativo.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Essere in grado di sviluppare autonomamente delle dimostrazioni matematiche basate sulle tecniche apprese durante il corso. Presentare, a voce e per iscritto un argomento appreso durante il corso, o anche un argomento nuovo sotto forma di seminario o breve relazione.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Studiare in maniera autonoma, riorganizzando in modo produttivo gli appunti presi a lezione, utilizzando la bibliografia consigliata, facendo ricerche, mediante le banche dati, su autori ed</p>	<p>periodic orbits as well as their stability or instability. Moreover, the possible presence of complex dynamics (deterministic chaos) will be investigated. During the course, some important topological methods of nonlinear analysis of fixed-point theory and their applications will be introduced and developed so that the interested student can acquire useful tools to address current research issues. The student will have to:</p> <p><b>Sector-specific skills</b></p> <p><i>Knowledge and understanding</i> Know and understand the fundamental concepts presented in the course.</p> <p><i>Applying knowledge and understanding</i> Know how to apply the theoretical elements presented in the course for the solution of specific problems related to mathematical models based on differential equations.</p> <p><b>Cross-sectoral skills/soft skills</b></p> <p><i>Making judgements</i> Know how to identify the most appropriate techniques for dealing with certain theoretical or applicative problems.</p> <p><i>Communication skills</i> Being able to independently develop mathematical demonstrations based on techniques learned during the course. Introduce, in oral or written form, a topic learned during the course, or even a new topic in the form of a seminar or short report.</p> <p><i>Learning skills</i> Study independently, by reorganizing the notes taken at the lessons, using the recommended bibliography; be able to search through databases, authors and topics reported in the course.</p> <p>To face possible exercises and problems,</p>	
--	--	---	--

		<p>argomenti segnalati nel corso. Affrontare eventuali esercizi e problemi proposti, individuando anche in modo autonomo possibili temi di ricerca, ad esempio in vista di una possibile tesi.</p>	<p>individually identifying possible research topics, for example in view of a possible thesis.</p>	
Topologia algebrica	MAT/03	<p>Lo studente dovrà acquisire conoscenze nella topologia algebrica, dovrà esser in grado di comunicare abilmente tali conoscenze, acquisite per mezzo di un lavoro individuale incentrato su una meditazione costante sui contenuti presentati dal docente a lezione. Saranno altresì organizzate circa 30 ore di seminario, da tenersi nel semestre successivo, dedicate all'approfondimento delle conoscenze acquisite, per mezzo di incontri seminariali organizzati dal docente. L'esame è mirato ad accertare che l'apprendimento dei contenuti presentati nel corso non consista in una superficiale quanto inutile e dannosa memorizzazione degli stessi, ma in una capacità di utilizzare le teorie presentate al fine di risolvere esercizi non banali o alla produzione di interessanti costruzioni topologiche.</p> <p>Un secondo obiettivo dell'esame orale, della durata media di un'ora e 45 minuti per ciascun allievo, consiste nel consolidamento delle abilità comunicative del discente e il perfezionamento delle sue capacità di organizzare una comunicazione efficace dei contenuti studiati.</p>	<p>The student will have to obtain the basics of algebraic topology. He should become able to present neatly his understandings. This, on average, is possible only after a hard and unavoidable individual meditation on the contents presented on the blackboard by the teacher. A seminar of approximately 30 hours will be organized to deepen and to extend the content presented in the course.</p> <p>The exam is meant to establish whether the student has understood the theory and not merely to check his capability of memorizing mathematical proofs; this last activity is detrimental to the developing of mathematical skills. On the contrary, the aim is focused to help using the learned techniques to solve interesting mathematical problems or to construct non-trivial topological objects. Moreover, the exam is meant to help the student to strengthen his ability to communicate and to present in an effective way the contents he has learned.</p>	<p>Geometria I, Geometria II, Analisi I, Analisi II e Algebra I. Geometria I, Geometria II, Analysis I, Analysis II and Algebra I.</p>
Topologia I	MAT/02	<p>Il corso fornisce un'introduzione classica agli aspetti fondamentali della topologia generale: teoria degli spazi metrici e topologici, con particolare attenzione ai concetti di compattezza, connessione, metrizzazione e dimensione, con applicazioni ai sistemi dinamici. Uno scopo primario del corso è lo sviluppo di tecniche di tipo topologico, insiemistico e/o geometrico,</p>	<p>The aim of the course is to introduce the student to the topological structures related to algebra, as topological groups and rings and function spaces; illustrate the connections to other areas, as Logic, Algebra, Geometry, Analysis, Computer Science, Dynamical Systems, etc.</p>	<p>Primo biennio della Laurea Triennale</p>

		<p>apprese nei corsi fondamentali, nello studio di problemi topologici.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alla disciplina</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali di topologia generale e dinamica topologica. Conoscere alcuni problemi moderni in topologia, rilevandone le difficoltà. Saper utilizzare un linguaggio moderno nella formulazione di problemi topologici</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i></p> <p>Saper affrontare e risolvere con linguaggio moderno o elementare alcuni problemi classici della topologia. Saper individuare relazioni tra questioni topologici e problemi o teorie di ambito diverso</p> <p>Saper risolvere problemi topologici anche al di fuori di quelli specificamente trattati nel corso</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i></p> <p>Saper individuare le tecniche insiemistiche, analitiche o geometriche più adatte nel risolvere problemi assegnati. Saper valutare la difficoltà di problemi topologici specifici.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i></p> <p>Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria nell'ambito della topologia generale e la dinamica topologica, appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica e qualche problema moderno della topologia generale e la dinamica topologica.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i></p> <p>Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica.</p>		
--	--	---	--	--

		Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi.		
Topologia II	MAT/02	<p>Il corso fornisce un'introduzione classica agli aspetti fondamentali dell'algebra topologica: teoria dei gruppi topologici, con particolare attenzione alla dualità di Pontryagin e le applicazioni all'analisi funzionale, alla teoria dei numeri e ai sistemi dinamici. Uno scopo primario del corso è lo sviluppo di tecniche di tipo algebrico, topologico e analitico, apprese nei corsi fondamentali, nello studio di problemi dell'algebra topologica.</p> <p>Lo studente dovrà:</p> <p><b>Capacità relative alle discipline</b></p> <p><i>Conoscenza e comprensione:</i>  Conoscere alcuni concetti e risultati fondamentali dell'algebra topologica. Conoscere alcuni problemi moderni in algebra topologica, rilevandone le difficoltà. Saper utilizzare un linguaggio moderno nella formulazione di problemi dell'algebra topologica.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenza e comprensione:</i>  Saper affrontare e risolvere con linguaggio moderno o elementare alcuni problemi tipici dell'algebra topologica. Saper individuare relazioni tra questioni dell'algebra topologica e problemi o teorie di ambito diverso. Saper risolvere problemi dell'algebra topologica anche al di fuori di quelli specificamente trattati nel corso.</p> <p><b>Capacità trasversali/soft skills</b></p> <p><i>Autonomia di giudizio:</i>  Saper individuare le tecniche algebriche, topologiche e analitiche più adatte nel risolvere problemi assegnati.  Saper valutare la difficoltà di problemi dell'algebra topologica specifici.</p>	The aim of the course is to introduce the student to the topological structures related to algebra, as topological groups and rings and function spaces; illustrate the connections to other areas, as Logic, Algebra, Geometry, Analysis, Computer Science, Dynamical Systems, etc.	Primo biennio della Laurea Triennale

		<p><i>Abilità comunicative:</i> Presentare, a voce e per iscritto, un argomento, o una teoria nell'ambito della topologia generale e la dinamica topologica, appreso durante il corso. Saper presentare ad un pubblico non specialista gli aspetti salienti della teoria classica e qualche problema moderno dell'algebra topologica.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Riuscire a leggere un articolo di ricerca nello specifico ambito trattato. Lavorare autonomamente nella ricerca bibliografica. Affrontare i problemi proposti, selezionandone in maniera autonoma i più significativi</p>		
--	--	--	--	--