

Regolamento didattico
del Corso di Laurea Magistrale in Matematica
Classe LM-40: Matematica

SOMMARIO

1. Obiettivi formativi
2. Requisiti di ammissione
3. Riconoscimento crediti
4. Curricula offerti
5. Piani di studio
6. Tipologia delle attività formative
7. Attività formative
8. Obblighi di frequenza e propedeuticità
9. Prova finale
10. Requisiti minimi di docenza
11. Attività di ricerca a supporto del corso di laurea
12. Rapporto con il mondo del lavoro
13. Norme transitorie

21 ottobre 2008

1. Obiettivi formativi

1.1. *Descrizione generale*

Uno dei principali pregi della Matematica è la sua flessibilità, la sua capacità di rispondere efficacemente alle esigenze di altre discipline sviluppandosi al contempo vigorosamente seguendo stimoli puramente interni. Il corso di Laurea Magistrale in Matematica di questo Ateneo intende fare propria questa flessibilità, offrendo sia percorsi formativi adatti alle esigenze di sviluppo interno della Matematica sia percorsi formativi in proficuo contatto con altre discipline. In particolare, il corso è esplicitamente rivolto non solo a laureati in Matematica, ma anche a laureati in Fisica, Informatica, Ingegneria, Filosofia e altre discipline, con percorsi formativi che possano preparare:

- laureati magistrali con avanzate conoscenze specifiche in uno o più settori della Matematica;
- laureati magistrali con conoscenze specifiche in uno o più settori della Matematica, strettamente collegate a campi applicativi; e
- laureati magistrali, originariamente provenienti da altre discipline, che integrino le proprie conoscenze specifiche con solide e ampie conoscenze di base nel campo della Matematica.

Tali laureati magistrali potranno accedere

- a un dottorato di ricerca in discipline matematiche,
- a un dottorato di ricerca in discipline che abbiano la necessità di una solida base matematica (come Fisica, Informatica, Ingegneria, Economia o altro),
- a un lavoro qualificato con funzioni di alta responsabilità in ambito aziendale, in strutture di ricerca pura o applicata, in industrie ad alta tecnologia, come pure all'insegnamento secondario.

I percorsi formativi della Laurea Magistrale in Matematica mantengono una parte istituzionale in comune e hanno una parte specifica per i diversi campi di specializzazione.

1.2. *Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding)*

I laureati magistrali in Matematica che seguono un percorso teorico hanno conoscenze approfondite nei principali settori della Matematica, soprattutto nel campo di specializzazione prescelto e in quelli più direttamente confinanti, e ne conoscono le più dirette applicazioni a discipline diverse dalla Matematica. I laureati magistrali che hanno scelto un percorso più applicato hanno conoscenze approfondite nei principali settori della Matematica, soprattutto nel campo di specializzazione prescelto e in quelli direttamente confinanti e finalizzate all'uso e allo sviluppo dei principali metodi matematici applicabili in tale settore.

Questi obiettivi saranno raggiunti tramite l'articolazione dei percorsi formativi in una parte comune, comprendente attività formative che forniscano conoscenze approfondite nei principali settori della Matematica, e in una parte adattabile alle specifiche esigenze dello studente. In particolare, la valutazione del profitto prevederà per alcuni insegnamenti anche una prova scritta, e per altri una esposizione orale in forma di seminario. Inoltre, i percorsi più rivolti verso le applicazioni comporteranno attività di laboratorio computazionale e informatico, in particolare dedicate alla conoscenza di modelli matematici nelle applicazioni, agli strumenti informatici e allo sviluppo dei metodi di risoluzione.

Infine, i laureati magistrali in Matematica sono capaci di leggere e comprendere testi avanzati di Matematica e di discipline affini, e di consultare e comprendere articoli di ricerca in Matematica.

Quest'ultimo obiettivo sarà raggiunto tramite tutti gli insegnamenti del biennio, che faranno riferimento a uno o più testi avanzati di Matematica e anche ad articoli su riviste specializzate, e tramite la prova finale, che, come specificato più oltre, consiste nella stesura di una tesi (in italiano o in inglese) elaborata in modo originale dallo studente con l'assistenza di almeno un docente (relatore), eventualmente esterno al corso di laurea, e in una esposizione orale conclusiva del lavoro svolto.

1.3. *Capacità di applicare conoscenza e comprensione (applying knowledge and understanding)*

I laureati magistrali in Matematica:

- (a) sono in grado di produrre dimostrazioni rigorose di risultati matematici anche non correlati con risultati già conosciuti;
- (b) sono in grado di risolvere teoricamente problemi complessi nei settori della Matematica in cui sono specializzati e di costruire e analizzare metodi appropriati di risoluzione esplicita;
- (c) sono in grado di formalizzare matematicamente problemi anche complessi formulati nel linguaggio naturale, e di trarre profitto da questa formulazione per chiarirli o risolverli;

- (d) sono in grado di estrarre precise informazioni qualitative da dati quantitativi;
- (e) sono in grado di scegliere e di utilizzare pienamente strumenti informatici e computazionali sia come supporto ai processi matematici, sia per acquisire ulteriori informazioni.

L'elevato rigore richiesto nella soluzione dei quesiti delle prove scritte, il lavoro individuale richiesto per superare gli esami, e soprattutto il lavoro di tesi finale, che comprende anche un autonomo lavoro di ricerca bibliografica e di raccolta di informazioni, consente il raggiungimento di questi obiettivi.

1.4. *Autonomia di giudizio (making judgements)*

I laureati magistrali in Matematica:

- (a) sono in grado di elaborare autonomamente dimostrazioni rigorose di enunciati complessi a partire da ipotesi ben formulate;
- (b) sono in grado di riconoscere la correttezza di dimostrazioni complesse, e di individuare con sicurezza ragionamenti fallaci;
- (c) sono in grado di proporre e analizzare modelli matematici associati a situazioni concrete di ricerca derivanti da altre discipline, e di usare tali modelli per avvicinarsi alla comprensione e alla soluzione del problema originale;
- (d) hanno esperienza di lavoro di gruppo, ma sanno anche lavorare bene autonomamente.

Tutte le attività formative del Corso di Laurea Magistrale in Matematica concorrono al raggiungimento degli obiettivi (a) e (b), che caratterizzano in modo particolare la preparazione del laureato magistrale in Matematica. Le attività affini e integrative previste dal corso di Laurea Magistrale, in settori scientifico-disciplinari non di Matematica, concorrono al raggiungimento dell'obiettivo (c) soprattutto per i percorsi con una maggiore attenzione verso gli aspetti computazionali e le applicazioni della matematica. Le attività di tipo seminariale o di preparazione alle prove scritte sono tipicamente svolte in piccoli gruppi, mentre in altre attività formative prevale il lavoro autonomo dello studente, in modo da permettere il raggiungimento dell'obiettivo (d).

1.5. *Abilità comunicative (communication skills)*

I laureati magistrali in Matematica:

- (a) sono in grado di comunicare problemi, idee e soluzioni riguardanti settori avanzati della Matematica, sia proprie sia di altri autori, a un pubblico specializzato o generico, nella propria lingua e in inglese, sia in forma scritta che orale;
- (b) sono in grado di dialogare con esperti di altri settori, riconoscendo la possibilità di formalizzare matematicamente situazioni di interesse applicativo, industriale o finanziario e formulando gli adeguati modelli matematici a supporto di attività in svariati ambiti.

L'obiettivo (a) è raggiunto sia mediante le prove d'esame di tipo seminariale previste in alcuni insegnamenti che soprattutto con la prova finale; in particolare, per quanto riguarda la lingua inglese, gli insegnamenti faranno uso abituale di testi in lingua inglese, ed è esplicitamente prevista la possibilità che l'elaborato scritto finale sia redatto in lingua inglese. L'obiettivo (b) è raggiunto principalmente tramite le attività formative affini e integrative previste in settori scientifico-disciplinari non di Matematica, soprattutto per i percorsi con una maggiore attenzione verso gli aspetti computazionali e le applicazioni della Matematica.

1.6. *Capacità di apprendimento (learning skills)*

I laureati magistrali in Matematica:

- (a) sono in grado di accedere al dottorato di ricerca, sia in Matematica che in altre discipline, con un alto grado di autonomia;
- (b) hanno una mentalità flessibile, e sono in grado di inserirsi prontamente negli ambienti di lavoro, a un livello qualificato, adattandosi facilmente a nuove problematiche.

Tutte le attività formative del Corso di Laurea Magistrale in Matematica concorrono al raggiungimento di questi obiettivi, che caratterizzano in modo particolare la preparazione del laureato magistrale in Matematica.

2. Requisiti di ammissione

2.1. *Requisiti curriculari*

Per poter fare domanda d'iscrizione alla laurea magistrale in Matematica, uno studente deve soddisfare i seguenti requisiti curriculari:

- possedere una certificazione per la conoscenza della lingua inglese almeno di livello europeo B1 o aver acquisito nella laurea triennale almeno 3 crediti di attività formative relative alla lingua inglese; e
- soddisfare una delle seguenti condizioni:
 - a) possedere una laurea triennale nella classe L-35 (Scienze Matematiche), o una laurea triennale ex legge 509/99 nella classe 32 (Scienze Matematiche); oppure
 - b) possedere una laurea triennale di un'altra classe avendo acquisito almeno 30 CFU in settori MAT/*; oppure
 - c) possedere una laurea specialistica non nella classe 45/S, o una laurea magistrale non nella classe LM-40, avendo acquisito almeno 30 CFU in settori MAT/*; oppure
 - c) possedere un diploma triennale o una laurea quadriennale in Matematica, Fisica, o Informatica; oppure
 - d) possedere un altro titolo di studio, conseguito in Italia o all'estero, riconosciuto idoneo dal Consiglio di Corso di Studi.

In ogni caso, il corso di laurea magistrale in Matematica non prevede l'accesso a numero programmato.

2.2. Verifica della personale preparazione dello studente

Il consiglio di corso di laurea magistrale in Matematica effettua una verifica della personale preparazione degli studenti in possesso dei requisiti curriculari che presentano domanda d'iscrizione. Tale verifica, che deve concludersi entro un mese dal ricevimento della domanda d'iscrizione, si basa sul curriculum pregresso dello studente (integrato se necessario con i programmi dei corsi seguiti) ed eventualmente su un colloquio orale, e può avere uno dei seguenti esiti:

- non accettazione motivata della domanda d'iscrizione, con l'indicazione di modalità suggerite per l'acquisizione dei requisiti mancanti;
- iscrizione incondizionata alla laurea magistrale in Matematica;
- iscrizione alla laurea magistrale condizionata all'accettazione di specifiche prescrizioni. Le prescrizioni consistono in un elenco di attività formative che devono necessariamente essere presenti nel piano di studi dello studente.

In quest'ultimo caso, lo studente deve firmare l'accettazione esplicita delle prescrizioni; in alternativa, può rinunciare all'iscrizione.

È comunque garantita l'iscrizione (eventualmente con prescrizioni) agli studenti in possesso di una laurea triennale della classe L-35 (Scienze matematiche), o di una laurea triennale ex legge 509/99 nella classe 32 (Scienze Matematiche), o di una laurea triennale in Fisica, Informatica o Ingegneria Aerospaziale conseguita presso l'Università di Pisa.

2.3. Per gli studenti in possesso di una laurea triennale in Matematica, classe L-35, conseguita presso l'Università di Pisa con curriculum fondamentale, le prescrizioni consistono esclusivamente in quelli fra i seguenti insegnamenti che non sono già stati utilizzati per conseguire la laurea triennale:

- (i) *Elementi di teoria degli insiemi*;
- (ii) *Complementi di algebra*;
- (iii) *Geometria e topologia differenziale*;
- (iv) *Analisi di più variabili III*;
- (v) *Probabilità*.

2.4. Per gli studenti in possesso di una laurea triennale in Matematica, classe L-35, conseguita presso l'Università di Pisa con curriculum computazionale a orientamento informatico, le prescrizioni consistono esclusivamente in quelli fra i seguenti insegnamenti che non sono già stati utilizzati per conseguire la laurea triennale:

- (i) *Elementi di teoria degli insiemi*;
- (ii) *Complementi di algebra*;
- (iii) *Analisi di più variabili III*;
- (iv) *Probabilità*;
- (v) *Fisica II e Fisica III*, ma solo in caso intendano seguire il curriculum generale.

3. Riconoscimento crediti

3.1. *Riconoscimento carriera pregressa e abbreviazione degli studi*

Contestualmente alla domanda d'iscrizione, lo studente può richiedere il riconoscimento della carriera universitaria pregressa e la convalida di CFU precedentemente acquisiti e non utilizzati per il conseguimento del titolo di studio che gli dà accesso alla laurea magistrale in Matematica. La valutazione e l'eventuale convalida di tali crediti avviene contestualmente alla verifica della personale preparazione dello studente, e con la tempistica indicata nel comma 2.2.

3.2. *Riconoscimento conoscenze e abilità professionali*

Lo studente può richiedere il riconoscimento di conoscenze e abilità professionali certificate individualmente ai sensi della normativa vigente in materia. La valutazione e l'eventuale convalida di tali crediti è demandata al Consiglio di corso di laurea magistrale. In ogni caso, non possono essere riconosciuti più di 12 crediti formativi universitari per tali conoscenze e abilità.

3.3. *Trasferimenti*

In caso di trasferimento da altro corso di laurea magistrale di questo o altro ateneo sarà riconosciuto il maggior numero possibile di crediti già maturati dallo studente nei settori scientifico-disciplinari MAT/01-09, FIS/01-08 e INF/01, compatibilmente con la possibilità di inserimento all'interno di un piano di studi coerente con l'ordinamento e gli obiettivi formativi del corso di laurea magistrale in Matematica. Il Consiglio di corso di studio potrà anche deliberare il riconoscimento di ulteriori crediti già maturati, inseribili fra le attività a scelta dello studente. In ogni caso, sarà riconosciuto almeno il 50% dei crediti già maturati a tutti gli studenti provenienti da corsi di laurea magistrale della classe LM-40 (Matematica).

4. Curricula offerti

4.1. Sono previsti i due seguenti *curricula*:

- *Curriculum generale*;
- *Curriculum applicativo*.

4.2. *Curriculum generale*

Il curriculum generale si caratterizza per una ampia e solida preparazione in Matematica, sia negli aspetti teorici che in alcuni più rivolti verso le applicazioni. Inoltre, è costruito in modo da permettere allo studente di approfondire un settore specifico, fornendo le conoscenze necessarie per avvicinarsi alla ricerca in quel settore.

4.3. *Curriculum applicativo*

Il curriculum applicativo, oltre a fornire un'ampia e solida cultura matematica, sviluppa gli strumenti e forma l'impostazione mentale necessaria per l'analisi dei modelli matematici provenienti dalle applicazioni e per lo sviluppo di metodi efficienti di risoluzione. Particolare attenzione è dedicata alle discipline che sviluppano metodologie costruttive e computazionali di risoluzione e ai problemi del calcolo scientifico con un approccio metodologico orientato al *problem-solving*.

4.4. I piani di studio canonici dei due curricula sono descritti nella sezione 5.

5. Piani di studio

5.1. *Modalità di presentazione*

Ogni studente presenta ogni anno un piano di studio descrivente le attività formative che ha già svolto e quelle che intende svolgere per acquisire i 120 crediti necessari per la laurea magistrale. La presentazione del piano di studi deve avvenire nel mese di ottobre, oppure entro un mese dall'iscrizione dello studente al corso di laurea magistrale in Matematica, con le modalità, anche telematiche, stabilite dal Consiglio di corso di studio. Il piano di studio deve soddisfare le prescrizioni stabilite nel momento dell'iscrizione al corso di studi, ed è soggetto ad approvazione da parte del Consiglio di Corso di Laurea Magistrale in Matematica, cui spetta il compito di verificarne la validità e la coerenza con l'ordinamento e con le prescrizioni. Il Consiglio esamina i piani di studi presentati entro il mese di novembre, oppure entro un mese dalla presentazione in caso questa non avvenga nel

mese di ottobre. In caso di mancata approvazione, il Consiglio concorda con lo studente le modifiche necessarie, in modo da giungere a una approvazione definitiva entro 45 giorni dalla presentazione.

5.2. Ogni anno il Consiglio di Corso di Laurea Magistrale in Matematica predispone dei piani di studio consigliati. I piani di studio proposti dagli studenti conformi a uno di quelli consigliati sono approvati automaticamente.

5.3. Una parte dei crediti necessari per il conseguimento della laurea magistrale può essere acquisita presso altre università o centri di ricerca (pubblici o privati), italiani o stranieri, e in particolare tramite programmi Erasmus/Socrates. È necessaria l'approvazione preventiva da parte del Consiglio di Corso di Laurea Magistrale di un programma descrittivo delle attività previste. Sarà inoltre compito del Consiglio di Corso di Laurea Magistrale quantificare in crediti, in modo congruo con la durata del periodo e prima dell'inizio del progetto, l'attività svolta dallo studente nell'ente esterno.

5.4. Piano di studio Curriculum Generale

La distribuzione dei crediti nelle varie attività formative del curriculum Generale è la seguente:

– Attività caratterizzanti	54 CFU
<i>Formazione teorica avanzata</i>	<i>45 CFU</i>
<i>Formazione modellistico-applicativa</i>	<i>9 CFU</i>
– Attività affini o integrative	24 CFU
– Attività a scelta dello studente	12 CFU
– Attività per la prova finale	29 CFU
– Ulteriori attività formative utili per l'inserimento nel mondo del lavoro.....	1 CFU

In ogni caso, il piano di studio di uno studente che vuole seguire il curriculum Generale deve contenere:

- gli insegnamenti di *Istituzioni di Algebra*, *Istituzioni di Geometria*, e *Istituzioni di Analisi Matematica*, per un totale di 27 CFU;
- un insegnamento a scelta fra *Istituzioni di Fisica Matematica* e *Istituzioni di Analisi Numerica*, per un totale di 9 CFU;
- tre moduli nei settori MAT/01–05, per un totale di 18 CFU;
- quattro moduli nei settori MAT/*, FIS/*, INF/01, ING-IND/03, ING-IND/06, ING-INF/05, M-STO/05, M-FIL/02, SECS-P/03, SECS-P/05, SECS-S/*, per un totale di 24 CFU;
- 12 CFU a scelta dello studente, coerenti con il progetto formativo;
- 1 CFU di ulteriori attività formative utili per l'inserimento nel mondo del lavoro;
- 29 CFU di attività relative alla prova finale.

Il numero totale di esami previsti è quindi pari a **11**, a cui vanno aggiunti eventuali esami dovuti alle attività a scelta dello studente.

5.5. Piano di studio Curriculum Applicativo

La distribuzione dei crediti nelle varie attività formative del curriculum Applicativo è la seguente:

– Attività caratterizzanti	54 CFU
<i>Formazione teorica avanzata</i>	<i>24 CFU</i>
<i>Formazione modellistico-applicativa</i>	<i>30 CFU</i>
– Attività affini o integrative	24 CFU
– Attività a scelta dello studente	12 CFU
– Attività per la prova finale	29 CFU
– Ulteriori attività formative utili per l'inserimento nel mondo del lavoro.....	1 CFU

In ogni caso, il piano di studio di uno studente che vuole seguire il curriculum Applicativo deve contenere:

- due insegnamenti a scelta fra *Istituzioni di Algebra*, *Istituzioni di Geometria*, e *Istituzioni di Analisi Matematica*, per un totale di 18 CFU;
- gli insegnamenti di *Istituzioni di Fisica Matematica* e *Istituzioni di Analisi Numerica*, per un totale di 18 CFU;
- un modulo nei settori MAT/01–05, per un totale di 6 CFU;
- due moduli nei settori MAT/06–09, per un totale di 12 CFU;

- quattro moduli nei settori MAT/*, FIS/*, INF/01, ING-IND/03, ING-IND/06, ING-INF/05, M-STO/05, M-FIL/02, SECS-P/03, SECS-P/05, SECS-S/*, per un totale di 24 CFU;
- 12 CFU a scelta dello studente, coerenti con il progetto formativo;
- 1 CFU di ulteriori attività formative utili per l’inserimento nel mondo del lavoro;
- 29 CFU di attività relative alla prova finale.

Il numero totale di esami previsti è quindi pari a **11**, a cui vanno aggiunti eventuali esami dovuti alle attività a scelta dello studente.

5.6. Lo studente può chiedere di seguire un proprio *piano di studio individuale*, anche al di fuori di ciascuno dei due *curricula* previsti, fornendo un’opportuna motivazione. Tale piano di studio deve comunque rispettare l’ordinamento del corso di laurea magistrale e le prescrizioni stabilite in fase di iscrizione, ed è soggetto ad approvazione da parte del Consiglio di corso di studio, con le modalità indicate nel comma 5.1.

6. Tipologia delle attività formative

6.1. Le attività formative del corso di laurea magistrale in Matematica comprendono tre tipi insegnamenti semestrali (gli *insegnamenti istituzionali*, gli *insegnamenti specialistici*, e i *moduli integrativi*); attività formative utili per l’inserimento nel mondo del lavoro; e le attività formative condivise con il corso di laurea in Matematica.

In ogni caso, i CFU assegnati a ciascuna attività formativa del corso di laurea magistrale in Matematica sono un multiplo di 3.

6.2 *Insegnamenti istituzionali*

Gli *insegnamenti istituzionali* forniscono conoscenze avanzate di Matematica ritenute fondamentali per tutti i laureati magistrali in Matematica.

L’insegnamento si svolge durante un semestre, e si compone di lezioni integrate con esercitazioni, per un totale di 63 ore di lezioni frontali, tenute di norma da due docenti.

La prova d’esame prevede una prova scritta e un colloquio orale finale.

Il superamento della prova finale permette l’acquisizione di un totale di 9 CFU. Quindi 1 credito formativo del primo modulo corrisponde a 7 ore di lezione frontale, e il 72% di ciascun credito è destinato allo studio individuale.

6.3 *Insegnamenti specialistici*

Gli *insegnamenti specialistici* sono caratterizzati da un più elevato livello di specializzazione e comportano attività autonome di ricerca bibliografica, studio ed elaborazione individuale da parte dello studente, oppure attività autonome o guidate di laboratorio.

L’insegnamento si svolge durante un semestre, e si compone di due moduli. Il primo modulo di 30 ore di lezioni frontali, tenuto da un singolo docente, corrisponde a 3 CFU. Il secondo modulo può essere di approfondimento guidato ed elaborazione autonoma dello studente, oppure di attività pratica di laboratorio, autonoma e guidata. In entrambi i casi il secondo modulo corrisponde a 3 CFU.

La prova d’esame prevede un colloquio orale finale, che può svolgersi in forma seminariale.

Il superamento della prova finale permette l’acquisizione di un totale di 6 CFU. In particolare, 1 credito formativo del primo modulo corrisponde a 10 ore di lezione frontale, e il 60% di ciascun credito è destinato allo studio individuale. Nel secondo modulo, ciascun credito è completamente dedicato ad attività di studio, teorico o pratico in laboratorio, e di elaborazione autonoma dello studente.

6.4 *Moduli integrativi*

I *moduli integrativi* hanno lo scopo di integrare la preparazione di studenti provenienti da lauree triennali ex legge 570/99 nella classe 32 (Scienze Matematiche), o da lauree triennali non di classe Matematica.

L’insegnamento si svolge durante un semestre, e si compone di 21 ore di lezioni frontali, tenute da un singolo docente.

La prova d’esame prevede un colloquio orale finale, che può svolgersi in forma seminariale.

Il superamento della prova finale permette l’acquisizione di 3 CFU. In particolare, 1 credito formativo corrisponde a 7 ore di lezione frontale, e il 72% di ciascun credito è destinato allo studio individuale.

6.5. Attività formative utili per l'inserimento nel mondo del lavoro

Una volta iniziate le attività relative alla prova finale (vedi il comma 9.2), lo studente deve svolgere attività formative utili per l'inserimento nel mondo del lavoro, coordinate col lavoro di tesi e sotto la direzione del relatore, per un totale di 1 CFU. Tali attività possono consistere in:

- tirocini formativi;
- studio dell'uso di ulteriori strumenti informatici o telematici;
- studio di tecniche di esposizione orale e scritta di argomenti matematici anche a non esperti;
- approfondimento della lingua inglese in caso di scrittura della tesi in lingua inglese;
- eventuali altre attività proposte dal relatore e finalizzate allo sviluppo del lavoro di tesi in modo utile all'inserimento nel mondo del lavoro.

La verifica di profitto avviene in base al lavoro svolto certificato dal relatore, e permette l'acquisizione di 1 CFU. In particolare, ciascun credito è completamente dedicato ad attività di studio, teorico o pratico, e di elaborazione autonoma dello studente.

6.6 Attività formative condivise

Le attività formative elencate nel regolamento didattico della laurea triennale in Matematica sono condivise con la laurea magistrale in Matematica, con l'eccezione delle attività formative previste per il primo anno della laurea triennale (*Elementi di analisi matematica, Geometria analitica e algebra lineare, Aritmetica, Fondamenti di programmazione e laboratorio associato, Fisica I, Laboratorio di comunicazione mediante calcolatore*). Le attività formative condivise possono essere inserite nel piano di studi, con l'esclusione di quelle già utilizzate dallo studente per il conseguimento della laurea triennale.

7. Attività formative

7.1. Moduli istituzionali

- *Istituzioni di algebra* (MAT/02; 9 CFU; attività caratterizzante; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):
Decomposizione primaria. Estensioni intere. Anelli e moduli noetheriani e artiniani. Domini di Dedekind. Valutazioni e anelli di valutazione. Completamenti. Dimensione e polinomio di Hilbert.
- *Istituzioni di geometria* (MAT/03; 9 CFU; attività caratterizzante; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):
Calcolo differenziale globale; coomologia di de Rham; connessioni e curvature; rudimenti di gruppi di Lie.
- *Istituzioni di analisi matematica* (MAT/05; 9 CFU; attività caratterizzante; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):
Analisi funzionale su spazi di Hilbert e di Banach. Teoria spettrale per operatori compatti e auto-aggiunti su spazi di Hilbert e alternativa di Fredholm. Serie di Fourier e decomposizioni di funzioni rispetto ad una base ortonormale. Trasformata di Fourier e teoremi fondamentali nell'ambito di funzioni classiche e nel ambito di distribuzioni temperate; soluzioni fondamentali e soluzioni delle equazioni a coefficienti costanti. Spazi di Sobolev, teoremi di immersione, di compattezza e della traccia sul bordo; applicazione all'esistenza e regolarità delle soluzioni di equazioni ellittiche del secondo ordine. Funzioni armoniche, principio del massimo. Problemi variazionali e le equazioni di Eulero-Lagrange.
- *Istituzioni di fisica matematica* (MAT/07; 9 CFU; attività caratterizzante; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):
Formalismo newtoniano e lagrangiano in più gradi di libertà; moti di un corpo rigido; principi variazionali; formalismo hamiltoniano in più gradi di libertà; equazione di Hamilton-Jacobi.
- *Istituzioni di analisi numerica* (MAT/08; 9 CFU; attività caratterizzante; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):
Teoria dell'approssimazione: polinomi ortogonali; approssimazione ai minimi quadrati; approssimazione minimax; approssimazione di Padé; polinomi di Legendre, Hermite, Chebyshev, Laguerre. Interpolazione mediante polinomi di Bernstein e curve di Bezier; interpolazione mediante funzioni spline. Integrazione approssimata: formule gaussiane; formule gaussiane pesate; integrazione in più dimensioni, metodi Monte Carlo. Risoluzione numerica di equazioni alle derivate parziali di tipo ellittico,

parabolico e iperbolico. Metodi alle differenze finite, di Galerkin, e di collocazione. Applicazione a equazione di Laplace, equazione del calore, equazione delle onde.

7.2. Moduli specialistici

7.2.1. Settori FIS/01 (*Fisica sperimentale*) – FIS/02 (*Fisica teorica, modelli e metodi matematici*)

- *Introduzione alla meccanica quantistica* (FIS/01-02; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???

7.2.2. Settore MAT/01 (*Logica matematica*)

- *Teoria degli insiemi* (MAT/01; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Teoria dei modelli* (MAT/01; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Teoria della calcolabilità* (MAT/01; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Teoria della complessità* (MAT/01; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Logica matematica superiore 1* (MAT/01; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Logica matematica superiore 2* (MAT/01; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???

7.2.3. Settore MAT/02 (*Algebra*)

- *Algebra computazionale* (MAT/02; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Algebra superiore 1* (MAT/02; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Algebra superiore 2* (MAT/02; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Algebre e gruppi di Lie* (MAT/02; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Crittografia* (MAT/02; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Teoria algebrica dei numeri 2* (MAT/02; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Teoria dei codici* (MAT/02; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Teoria dei gruppi finiti* (MAT/02; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Algebra superiore 1* (MAT/02; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???

7.2.4. Settore MAT/03 (*Geometria*)

- *Analisi complessa* (MAT/03; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Dinamica olomorfa* (MAT/03; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Elementi di topologia differenziale* (MAT/03; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Geometria algebrica* (MAT/03; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):

???

- *Geometria di contatto* (MAT/03; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Geometria e topologia simplettica* (MAT/03; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Geometria iperbolica* (MAT/03; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Geometria reale* (MAT/03; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Sistemi dinamici discreti* (MAT/03; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Spazi di curvatura negativa* (MAT/03; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Topologia algebrica* (MAT/03; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Topologia differenziale* (MAT/03; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???

7.2.5. Settore MAT/04 (*Matematiche complementari*)

- *Didattica della matematica 1* (MAT/04; 3 CFU + 3 CFU laboratorio; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Didattica della matematica 2* (MAT/04; 3 CFU + 3 CFU laboratorio; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Matematica e società* (MAT/04; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Matematiche elementari da un punto di vista superiore: aritmetica* (MAT/04; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
Assiomatica, costruzione e rappresentazione dei numeri, algoritmi aritmetici, definizione costruttiva e definizione strutturale, categorie e funtori, la nozione di applicazione come elemento unificante della matematica.
- *Matematiche elementari da un punto di vista superiore: geometria euclidea* (MAT/04; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
Assiomatica di Hilbert, confronto tra assiomatiche diverse, geometria euclidea e geometria iperbolica, metodi sintetici e metodi analitici.
- *Storia del calcolo infinitesimale* (MAT/04; 3 CFU + 3 CFU laboratorio; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
L'opera di Archimede, la rinascita degli studi archimedei nel XVI secolo e l'invenzione di oggetti e metodi generali (Cavalieri), la rivoluzione cartesiana, il problema delle tangenti e della determinazione dei massimi e minimi, Leibniz e Newton, il calcolo e la meccanica, l'opera di Eulero e la nascita del concetto di funzione.
- *Storia del concetto di curva* (MAT/04; 3 CFU + 3 CFU laboratorio; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
Oggetti e metodi della geometria greca, le *Coniche* di Apollonio, il concetto di "luogo geometrico" e il metodo dell'analisi e sintesi, l'introduzione dell'algebra in geometria e la rivoluzione cartesiana, il problema delle tangenti e la nascita del calcolo.
- *Storia dell'analisi nel XIX secolo* (MAT/04; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
Le funzioni analitiche di Lagrange, le innovazioni di Cauchy, le serie di Fourier e la teoria dell'integrazione da Dirichlet a Riemann, Cantor e la nascita della teoria degli insiemi, Weierstrass e Dedekind (l'aritmetizzazione dell'analisi).

- *Storia della teoria delle equazioni* (MAT/04; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Tecnologia per la didattica* (MAT/04; 3 CFU + 3 CFU laboratorio; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???

7.2.6. Settore MAT/05 (*Analisi matematica*)

- *Analisi armonica* (MAT/05; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Analisi microlocale* (MAT/05; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Analisi su varietà* (MAT/05; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Calcolo delle variazioni* (MAT/05; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Equazioni differenziali 1* (MAT/05; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Equazioni differenziali 2* (MAT/05; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Funzioni speciali* (MAT/05; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Onde lineari e non lineari* (MAT/05; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Problemi di evoluzione* (MAT/05; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Teoria classica dei campi* (MAT/05; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Teoria di gauge e scattering* (MAT/05; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Teoria delle funzioni* (MAT/05; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Teoria geometrica della misura* (MAT/05; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???

7.2.7. Settore MAT/06 (*Probabilità e statistica matematica*)

- *Finanza matematica* (MAT/06; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Modelli matematici per l'economia e la finanza* (MAT/06; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???

7.2.8. Settore MAT/07 (*Fisica matematica*)

- *Determinazione orbitale* (MAT/07; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Dinamica del sistema Terra-Luna* (MAT/07; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Fisica matematica* (MAT/07; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Meccanica celeste* (MAT/07; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):
???
- *Meccanica spaziale* (MAT/07; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):

???

- *Meccanica superiore* (MAT/07; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):

???

7.2.9. Settore MAT/08 (*Analisi numerica*)

- *Metodi di approssimazione* (MAT/08; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):

???

- *Metodi numerici per catene di Markov* (MAT/08; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):

???

- *Metodi numerici per la grafica* (MAT/08; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):

???

- *Metodi numerici per l'analisi di Fourier* (MAT/08; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):

???

7.2.10. Settore MAT/04 (*Ricerca operativa*)

- *Metodi di ottimizzazione* (MAT/09; 3+3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova finale orale):

???

7.3. Moduli integrativi

- *Supplementi di algebra* (MAT/02; 3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova orale finale):

Argomenti integrativi di aritmetica e algebra.

- *Supplementi di geometria* (MAT/03; 3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova orale finale):

Argomenti integrativi di geometria e topologia.

- *Supplementi di analisi matematica* (MAT/05; 3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova orale finale):

Argomenti integrativi di analisi matematica.

- *Supplementi di probabilità e statistica* (MAT/06; 3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova orale finale):

Argomenti integrativi di probabilità e statistica.

- *Supplementi di fisica matematica* (MAT/07; 3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova orale finale):

Argomenti integrativi di fisica matematica.

- *Supplementi di analisi numerica* (MAT/08; 3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova orale finale):

Argomenti integrativi di analisi numerica.

- *Supplementi di fisica* (FIS/01–02; 3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova orale finale):

Argomenti integrativi di fisica.

- *Supplementi di informatica* (INF/01; 3 CFU; attività non specificata; lezioni; prova orale finale):

Argomenti integrativi di informatica.

8. Obblighi di frequenza e propedeuticità

8.1. La frequenza alle varie attività formative non è obbligatoria, ma è caldamente raccomandata.

8.2. Non sono previste propedeuticità obbligatorie. Comunque, in fase di presentazione dei programmi provvisori (vedi il comma 8.3), per ogni insegnamento dev'essere indicato quali altri insegnamenti del corso di laurea magistrale sono da considerarsi propedeuticità fortemente raccomandate.

8.3. Ogni anno entro il 15 settembre i docenti responsabili delle varie attività formative devono consegnare alla segreteria didattica dei corsi di studio in Matematica i relativi programmi provvisori. Questi programmi devono indicare, oltre al contenuto dell'attività, i testi consigliati, le modalità di verifica del profitto, e le propedeuticità raccomandate.

I programmi sono resi pubblici sul sito web dei corsi di studio in Matematica almeno una settimana prima dell'inizio delle lezioni.

Al termine di ciascun semestre i docenti forniscono alla segreteria didattica dei corsi di studio in Matematica la versione definitiva dei programmi delle attività formative da loro svolte in quel semestre.

9. Prova finale

9.1. *Struttura della prova finale*

La prova finale del corso di Laurea Magistrale in Matematica consiste nella stesura di una tesi (in italiano o in inglese) elaborata in modo originale dallo studente con l'assistenza di almeno un docente (relatore), eventualmente esterno al corso di studi, e in una esposizione orale conclusiva del lavoro svolto. La prova finale verrà valutata in base alla originalità dei risultati, alla padronanza dell'argomento, all'autonomia e alle capacità espositive e di ricerca bibliografica mostrate dal candidato. La redazione della tesi può eventualmente avvenire anche all'interno di un tirocinio formativo (stage) presso aziende o laboratori esterni, o durante soggiorni di studio presso altre università italiane ed estere, anche nel quadro di accordi internazionali.

Alla prova finale sono attribuiti 29 CFU.

9.2. *Inizio delle attività relative alla prova finale.*

Per iniziare le attività relative alla prova finale, lo studente deve comunicare alla segreteria didattica del corso di laurea magistrale in Matematica il nominativo del relatore scelto. Quest'ultimo deve a sua volta comunicare alla segreteria didattica del corso di laurea magistrale in Matematica le ulteriori attività formative utili all'inserimento nel mondo del lavoro (vedi il comma 6.5) che lo studente svolgerà sotto la sua direzione.

9.3. *Termine delle attività relative alla prova finale.*

Con almeno un mese d'anticipo sulla sessione di laurea in cui lo studente discuterà la propria tesi, il relatore deve comunicare alla segreteria didattica del corso di laurea magistrale in Matematica la conclusione positiva delle ulteriori attività formative utili all'inserimento nel mondo del lavoro (vedi il comma 6.5) svolte dallo studente.

La tesi dev'essere esaminata anche da un controrelatore, che produrrà un parere da presentare in fase di discussione finale. Se il relatore è esterno al dipartimento di Matematica dell'Università di Pisa, allora il controrelatore dev'essere scelto fra i docenti afferenti al dipartimento di Matematica dell'Università di Pisa. La nomina del controrelatore spetta al presidente di corso di laurea magistrale in Matematica, partendo (ma non necessariamente limitandosi a) uno o più nominativi che devono essere suggeriti dal relatore con almeno un mese d'anticipo sulla sessione di laurea in cui sarà discussa la tesi.

9.4. *Modalità di determinazione del voto di laurea*

Il voto finale della tesi di laurea magistrale in Matematica, espresso in centodecimi, è ottenuto sommando tre componenti (il punteggio di base, il punteggio di lodi, e il punteggio di tesi), e poi arrotondando all'intero più vicino. Qualora la somma arrotondata delle tre componenti sia almeno uguale a 110 centodecimi, la Commissione di Laurea decide se attribuire o meno la lode al candidato. Tale decisione dev'essere presa all'unanimità.

Le tre componenti del voto di laurea sono le seguenti:

- (a) Il *punteggio di base* è calcolato a partire dal curriculum del candidato con la seguente procedura:
 - a ogni credito acquisito dal candidato tramite un'attività formativa che preveda un voto viene attribuito un valore corrispondente a questo voto (espresso in trentesimi).;
 - vengono poi scartati i 6 crediti a cui è stato attribuito il valore inferiore;
 - infine, viene calcolata la media dei valori attribuiti ai crediti rimanenti. Il punteggio di base è questa media espressa in centodecimi, approssimata per eccesso al secondo decimale.
- (b) Il *punteggio di lodi*, espresso in centodecimi, è ottenuto sommando 0.25 punti per ogni lode ottenuta in un'attività formativa di al più 7 crediti, e 0.50 punti per ogni lode ottenuta in un'attività formativa di almeno 8 crediti, fino a un massimo di 2 punti.
- (c) Il *punteggio di tesi*, espresso in centodecimi, è attribuito dalla Commissione di Laurea, e può variare da un minimo di 4 punti a un massimo di 10 punti, secondo il seguente schema di riferimento:
 - tesi sufficiente: 4 punti;
 - tesi discreta: 6 punti;
 - tesi buona: 8 punti;
 - tesi ottima: 10 punti.

10. Requisiti minimi di docenza

10.1. Il Consiglio di corso di studio, in fase di programmazione didattica, provvede ad assegnare da un minimo di 66 CFU a un massimo di 90 CFU di attività formative all'interno del corso di laurea a docenti di ruolo della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Università di Pisa.

10.2. Il Consiglio di corso di studio, in fase di programmazione didattica, s'impegna a non assegnare a professori a contratto attività formative per più di 24 crediti.

10.3. Il Consiglio di corso di studio, in fase di programmazione didattica, provvede ad assegnare attività formative all'interno del corso di laurea ad almeno 8 docenti di ruolo della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Università di Pisa. Questo numero sarà portato a 12 in caso il numero degli immatricolati dell'A.A. precedente sia superiore alla numerosità prevista per il corso di laurea magistrale.

10.4. Il Consiglio di corso di studio, in fase di programmazione didattica, provvede a fare in modo che almeno il 50% dei crediti previsti per i settori scientifico-disciplinari delle attività formative di base e caratterizzanti sia coperto da docenti di ruolo della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Università di Pisa.

10.5. Per l'A.A. 2009/10 i docenti di riferimento per il corso di laurea magistrale in Matematica sono:

- Giovanni Alberti (ordinario, MAT/05, 6 CFU);
- Riccardo Benedetti (ordinario, MAT/03, 6 CFU);
- Dario Bini (ordinario, MAT/08, 9 CFU);
- Fabrizio Broglia (ordinario, MAT/03, 6 CFU);
- Roberto Dvornicich (ordinario, MAT/02, 6 CFU);
- Pietro Majer (associato, MAT/05, 6 CFU);
- Andrea Milani (ordinario, MAT/07, 9 CFU);
- Carlo Viola (ordinario, MAT/05, 6 CFU);
- Rosetta Zan (associato, MAT/04, 6 CFU).

11. Attività di ricerca a supporto del corso di laurea

11.1. I docenti del Dipartimento di Matematica coprono tutti e nove i settori scientifico-disciplinari dell'area Matematica, offrendo uno spettro molto ampio di argomenti di ricerca che spazia dalla Matematica pura a numerose applicazioni della Matematica ad altre discipline. In particolare, come risulterà evidente dalla successiva descrizione dettagliata (aggiornata al 21 ottobre 2008), in Dipartimento sono ben presenti sia competenze che permettono di avviare gli studenti alla ricerca (pura e applicata) sia competenze che permettono di istradarli proficuamente verso il mondo del lavoro (in campi che vanno dalla finanza matematica alla tecnologia spaziale alla modellistica numerica) e verso l'insegnamento. Dunque nel Dipartimento vengono svolte tutte le attività di ricerca coerenti, rilevanti e necessarie per il raggiungimento degli obiettivi formativi del corso di laurea magistrale in Matematica.

11.2. Il settore MAT/01 è coperto da 1 professore ordinario e 1 ricercatore. Le ricerche svolte in questo settore riguardano soprattutto la *teoria dei modelli* (con particolare riferimento alla 0 -minimalità), l'*analisi non standard*, alcuni aspetti della *teoria degli insiemi*, e la *teoria della dimostrazione e della ricorsività* (con particolare riferimento all'aritmetica di Peano e le connessioni con l'informatica teorica).

11.3. Il settore MAT/02 è coperto da 3 professori ordinari, 2 professori associati e 4 ricercatori. L'attività scientifica recente in questo settore ha notevoli connessioni con la geometria e con l'informatica, e si è svolta principalmente nei seguenti campi: *teoria algebrica dei numeri* (con particolare riferimento allo studio delle mappe polinomiali, dei punti razionali nelle varietà algebriche, e delle estensioni algebriche dei campi p -adici); *algebra commutativa e geometria algebrica computazionali* (con particolare riferimento allo studio e creazione di algoritmi per la fattorialità, la determinazione di sistemi minimali di generatori per varietà algebriche proiettive, codici correttori e crittografia, lo studio della topologia di varietà algebriche reali); *algebre di Lie e combinatoria algebrica*; e *teoria delle rappresentazioni* (con particolare riferimento allo studio delle proprietà geometriche dei gruppi algebrici, delle varietà simmetriche e delle varietà sferiche).

11.4. Il settore MAT/03 è coperto da 8 professori ordinari, 2 professori associati e 6 ricercatori. L'attività scientifica in questo settore ha numerosi e proficui collegamenti con l'algebra, l'analisi matematica e la fisica,

e si è svolta principalmente nei seguenti campi: *geometria e topologia in dimensione bassa* (con particolare riferimento allo studio delle 3-varietà iperboliche, alla teoria della complessità, alle geometrie di contatto e simplettiche, e allo studio della gravità classica e quantistica); *teoria geometrica dei gruppi* (con particolare riferimento ai gruppi di trecce, ai gruppi modulari, e alla curvatura su spazi metrici); *geometria algebrica e analitica reale* (con particolare riferimento allo studio delle algebre di funzioni analitiche reali); *geometria e topologia computazionale*; *geometria algebrica* (con particolare riferimento allo studio delle superfici e delle varietà abeliane); *geometria differenziale* (con particolare riferimento allo studio della simmetria speculare e delle varietà complesse); *teoria geometrica delle funzioni di più variabili complesse* (con particolare riferimento allo studio delle metriche invarianti); *sistemi dinamici olomorfi* (con particolare riferimento allo studio della dinamica locale in più variabili complesse).

11.5. Il settore MAT/04 è coperto da 3 professori associati e 1 ricercatore in formazione. L'attività scientifica in questo settore è fondamentale per la preparazione all'insegnamento della matematica, e ha notevoli connessioni con le discipline di scienze della pace, storia e filosofia. I principali argomenti studiati riguardano la *didattica della matematica* (con particolare riferimento allo studio delle difficoltà della matematica, del problem solving, della formazione degli insegnanti, e delle relazioni fra la matematica e la cultura in generale); e la *storia della matematica* (con particolare riferimento alla storia della matematica antica, rinascimentale e della prima età moderna).

11.6. Il settore MAT/05 è coperto da 8 professori ordinari, 6 professori associati e 10 ricercatori. L'attività scientifica in questo settore ha ampie connessioni con la geometria, la probabilità, la fisica matematica e l'analisi numerica, e un gran numero di applicazioni in fisica, ingegneria e numerose altre scienze. I principali argomenti studiati riguardano: *equazioni alle derivate parziali* (con particolare riferimento allo studio delle equazioni e sistemi di tipo iperbolico, delle equazioni di evoluzione, delle perturbazioni non lineari dell'equazione di Schrödinger, e dei problemi di risolubilità locale, regolarità e ipoellitticità, con metodi di analisi microlocale o analisi nello spazio delle fasi); *analisi non lineare e calcolo delle variazioni* (con particolare riferimento allo studio con metodi topologici e geometrici delle proprietà di punti critici di funzionali in spazi di dimensione infinita); *teoria geometrica della misura* (con particolare riferimento alle equazioni di trasporto, alla gamma convergenza, e alle applicazioni alla meccanica); *teoria analitica dei numeri* (con particolare riferimento alle approssimazioni diofantee e ai problemi di irrazionalità).

11.7. Il settore MAT/06 è coperto da 1 professore ordinario e 2 ricercatori. L'attività scientifica in questo settore ha ampie connessioni con l'algebra, l'analisi matematica e la statistica, e un gran numero di applicazioni in economia, finanza, biologia e altre scienze. I principali argomenti studiati sono i *processi stocastici* (con particolare riferimento ai vari modi di convergenza, alle estensioni del teorema del limite centrale, e all'integrazione stocastica); la *teoria dei numeri probabilistica* (con particolare riferimento allo studio delle densità aritmetiche); e la *finanza matematica* (con particolare riferimento ai modelli stocastici).

11.8. Il settore MAT/07 è coperto da 1 professore ordinario, 1 professore associato e 1 ricercatore. L'attività di ricerca in questo settore ha ampie connessioni con l'analisi matematica, e numerose applicazioni in fisica, astronomia (inclusa la partecipazione a missioni spaziali), geofisica e ingegneria. I principali argomenti studiati sono la *meccanica celeste* (con particolare riferimento allo studio del problema degli n -corpi), le *applicazioni all'astronomia* (con particolare riferimento alla determinazione orbitale e la predizione di incontri ravvicinati); e *meccanica dei continui* (con particolare riferimento allo studio dei continui con microstruttura, e a teoremi di esistenza e unicità per problemi relativi alla elettromagnetoidrodinamica, alla teoria della lubrificazione e alla teoria della plasticità).

11.9. Il settore MAT/08 è coperto da 1 professore ordinario e 3 professori associati. L'attività scientifica in questo settore ha ampie connessioni con l'algebra, l'analisi matematica e l'informatica, e un gran numero di applicazioni modellistiche in numerose scienze. I principali argomenti studiati sono *progetto e analisi di metodi numerici* (con particolare riferimento al trattamento dei polinomi, alla risoluzione di equazioni matriciali e a problemi di algebra lineare numerica); *proprietà computazionali di matrici con struttura* (con particolare riferimento a strutture *displacement* e di rango); *matrici di grandi dimensioni e sparse* (con particolare interesse ai problemi del Web e alla risoluzione numerica di catene di Markov); e l'implementazione di software ad alta efficienza per tutti i problemi studiati.

11.10. Il settore MAT/09 è coperto da 1 professore ordinario e 1 ricercatore. L'attività di ricerca in questo settore ha ampie connessioni con l'analisi matematica e la fisica matematica, e notevoli applicazioni in vari campi, quali per esempio la medicina. I principali argomenti studiati sono l'*analisi convessa* (con particolare riferimento alle disequazioni variazionali e alle applicazioni in campo diagnostico); i *problemi di estremo vincolato*; e i *problemi di flusso su reti*.

12. Rapporto con il mondo del lavoro

12.1. Ambiti occupazionali previsti per i laureati

I laureati magistrali del corso di laurea magistrale in Matematica potranno:

- esercitare funzioni di elevata responsabilità nella costruzione e analisi di modelli matematici di varia natura e nella progettazione ed analisi di metodi per la loro risoluzione in ambiti applicativi, scientifici, industriali, aziendali, nei servizi e nella pubblica amministrazione, con vari ambiti di interesse, tra cui quello informatico, finanziario, ingegneristico, ambientale, sanitario;
- esercitare funzioni di elevata responsabilità nei settori dell'insegnamento e della comunicazione della Matematica e della scienza;
- inserirsi nella ricerca tramite la prosecuzione degli studi nei corsi di Dottorato di Ricerca, in Matematica o in altre discipline scientifiche.

I laureati magistrali del corso di laurea magistrale in Matematica hanno le competenze (o possono facilmente acquisire le eventuali conoscenze necessarie mancanti) per svolgere le professioni del punto 2.1.1.3 (Matematici e statistici) della classificazione ISTAT delle professioni, e alcune di quelle nei punti 2.1.1.4 (Informatici e telematici), 2.6.1 (Docenti universitari), 2.6.3 (Professori di scuola secondaria, post-secondaria ed assimilati) 3.1.1.3 (Tecnici informatici), 3.1.1.4 (Tecnici statistici), 3.3.1.4 (Tecnici del trasferimento e del trattamento delle informazioni), 3.3.2.1 (Tecnici della gestione finanziaria).

12.2. Rapporto con il mondo del lavoro

Metodi e modelli matematici hanno un ruolo importante nella società in generale. Numerosi atti che rientrano nella normalità della vita quotidiana sono possibili solo grazie all'esistenza di strumenti e metodologie matematiche avanzate. L'efficienza raggiunta dalla telefonia fissa, mobile e VoIP, l'uso di tecnologie digitali nel campo fotografico, cinematografico e musicale, lo sviluppo di internet con la facilità di trovare ed elaborare informazioni in tempi brevissimi, l'elevata efficienza dei sistemi di sicurezza crittografici usati nei bancomat, dalle carte di credito e nelle transazioni sul web e le tecniche di firma digitale sono essenzialmente dovuti allo sviluppo di metodi matematici.

Strumenti avanzati e precisi di analisi diagnostica, quali la TAC e la risonanza magnetica, come pure i sistemi di controllo del volo aereo, sia a terra che sugli aeromobili, sono possibili grazie alla tecnologia matematica.

Lo studio di processi stocastici viene usato per modellare problemi di code che si formano in varie situazioni, come ad esempio nel traffico stradale, nelle reti telematiche, nelle reti telefoniche; processi stocastici intervengono anche nelle analisi statistiche delle assicurazioni e nello studio degli andamenti economici del mercato.

La progettazione meccanica, elettrica, elettronica, automobilistica e aerospaziale, come pure la realizzazione di opere cinematografiche usa massicciamente come strumento i metodi di Geometria Computazionale e di *Computer Aided Geometric Design*.

Modelli differenziali vengono usati per simulare situazioni reali di varia natura come problemi di Biologia, di Medicina (accrescimento di tumori, problemi cardiovascolari, assorbimento di medicinali), nelle previsioni meteorologiche, nelle analisi di inquinamento, nella progettazione aerospaziale, di velivoli e imbarcazioni, nello studio delle attività sismiche e dei vulcani, nella ricerca di giacimenti acquiferi o petroliferi.

La progettazione di robot per la produzione industriale si basa sulla possibilità di risolvere complessi sistemi di equazioni algebriche con i metodi dell'Algebra Computazionale.

Metodologie matematiche di ottimizzazione sono alla base della gestione ottimale delle risorse nei servizi e nei processi industriali.

È per questo che il matematico, con la sua formazione mentale e le competenze specifiche, svolge un ruolo importante in molti contesti lavorativi anche di recente formazione. Si sottolineano in particolare i seguenti impieghi dove il laureato magistrale in matematica può esercitare funzioni di elevata responsabilità:

- nelle società di servizi, banche, assicurazioni, con l'analisi statistica dei dati e con la modellazione matematica di scenari complessi quali andamento dei mercati finanziari;

- nelle società che operano sul Web e nella gestione dei motori di ricerca con l’elaborazione delle informazioni mediante processi quali *data mining*, *page rank* e *information retrieval*; nell’ambito dei produttori di “moneta elettronica” con lo studio di protocolli crittografici e la gestione della sicurezza delle transazioni via Web;
- nelle società di ingegneria specializzate nel trattamento di complessi problemi computazionali che richiedono competenze multidisciplinari di modellazione differenziale e di risoluzione dei problemi numerici connessi;
- nelle società che operano nel settore dell’ottimizzazione di sistemi complessi quali ottimizzazione del traffico stradale, degli orari di servizi automobilistici, della gestione dei turni di lavoro, di catene di produzione, di call center;
- nelle società informatiche (*software house*) che sviluppano e commercializzano codici di vario tipo (gestionale, scientifico, applicativo) o si occupano dei problemi del Web;
- in società che operano in settori a tecnologia avanzata in campo digitale, quali sviluppo e gestione di telefonia mobile e VoIP, navigazione satellitare, cartografia digitale, computer graphics, audio digitale, immagini digitali;
- in società e laboratori di calcolo che forniscono servizi di elaborazione dei dati e sviluppo di codici di calcolo per l’industria nei settori tecnologici avanzati;
- nelle industrie a tecnologia avanzata quali l’aerospaziale;
- negli enti e laboratori di ricerca pubblici e privati.

13. Norme transitorie

13.1. Agli studenti che chiedono di iscriversi al corso di laurea magistrale in Matematica provenendo dal corso di laurea triennale in Matematica dell’Università di Pisa della classe 32 (Scienze matematiche) ex legge 509/99, curriculum fondamentale, si applicano le seguenti norme transitorie, il cui scopo è permettere la transizione riconoscendo tutti gli esami fatti dallo studente senza alcun aggravio rispetto alla situazione precedente:

- (a) Lo studente deve inserire nel proprio piano di studi (prescrizione) un insegnamento del settore MAT/01 (Logica Matematica) se nessun esame di questo settore è stato utilizzato per il conseguimento della laurea triennale.
- (b) Riguardo gli insegnamenti del settore MAT/02 (Algebra):
 - (b.1) se lo studente non ha sostenuto alcuno fra gli esami di *Elementi di algebra commutativa* ed *Elementi di algebra computazionale*, allora deve inserire nel proprio piano di studi (prescrizione) l’insegnamento *Complementi di algebra*;
 - (b.2) se lo studente ha sostenuto uno solo fra gli esami di *Elementi di algebra commutativa* ed *Elementi di algebra computazionale*, e lo ha utilizzato per il conseguimento della laurea triennale, allora non è soggetto a ulteriori prescrizioni per il settore MAT/02;
 - (b.3) se lo studente ha sostenuto uno fra gli esami di *Elementi di algebra commutativa* ed *Elementi di algebra computazionale* senza utilizzarlo per il conseguimento della laurea triennale, può chiederne il riconoscimento come *Istituzioni di algebra* a seguito di un colloquio integrativo di 2 CFU;
 - (b.4) se lo studente ha sostenuto entrambi gli esami di *Elementi di algebra commutativa* ed *Elementi di algebra computazionale* senza utilizzarli per il conseguimento della laurea triennale, può chiedere il riconoscimento di uno di essi come tale, e il riconoscimento dell’altro come *Istituzioni di algebra* a seguito di un colloquio integrativo di 2 CFU;
 - (b.5) se lo studente ha utilizzato entrambi gli esami di *Elementi di algebra commutativa* e di *Elementi di algebra computazionale* per il conseguimento della laurea triennale, allora deve inserire nel proprio piano di studi (prescrizione) l’insegnamento *Supplementi di algebra*, e non può inserirvi l’insegnamento *Istituzioni di algebra*;
 - (b.6) lo studente non è soggetto ad alcuna altra prescrizione riguardante il settore MAT/02.
- (c) Riguardo gli insegnamenti del settore MAT/03 (Geometria):
 - (c.1) se lo studente non ha sostenuto l’esame di *Geometria e topologia differenziale*, allora deve inserirlo nel proprio piano di studi (prescrizione);
 - (c.2) se lo studente ha utilizzato l’esame di *Elementi di geometria differenziale* per il conseguimento della laurea triennale allora deve inserire nel piano di studi (prescrizione) l’insegnamento *Supplementi di geometria*, e non può inserirvi l’insegnamento *Istituzioni di geometria*;

- (c.3) se lo studente ha sostenuto l'esame di *Elementi di geometria differenziale* senza utilizzarlo per il conseguimento della laurea triennale, allora può chiederne il riconoscimento come *Istituzioni di geometria* a seguito di un colloquio integrativo di 2 CFU;
- (c.4) lo studente non è soggetto ad alcuna altra prescrizione riguardante il settore MAT/03.
- (d) Riguardo gli insegnamenti del settore MAT/05 (Analisi matematica):
 - (d.1) se lo studente non ha sostenuto l'esame di *Analisi funzionale*, allora deve inserire nel piano di studi (prescrizione) l'insegnamento *Analisi di più variabili III*;
 - (d.2) se lo studente ha utilizzato l'esame di *Operatori differenziali* per il conseguimento della laurea triennale allora deve inserire nel piano di studi (prescrizione) l'insegnamento *Supplementi di analisi matematica*, e non può inserirvi l'insegnamento *Istituzioni di analisi matematica*;
 - (d.3) se lo studente ha sostenuto l'esame di *Operatori differenziali* senza utilizzarlo per il conseguimento della laurea triennale, allora può chiederne il riconoscimento come *Istituzioni di analisi matematica* a seguito di un colloquio integrativo di 2 CFU;
 - (d.4) lo studente non è soggetto ad alcuna altra prescrizione riguardante il settore MAT/05.
- (e) Riguardo il settore MAT/06 (Probabilità e statistica matematica):
 - (e.1) se lo studente non ha sostenuto l'esame di *Probabilità*, allora deve inserirlo nel piano di studi (prescrizione);
 - (e.2) lo studente non è soggetto a ulteriori prescrizioni per il settore MAT/06.
- (f) Riguardo il settore MAT/07 (Fisica matematica):
 - (f.1) se lo studente ha utilizzato l'esame di *Meccanica razionale e analitica* per il conseguimento della laurea triennale ma non ha sostenuto né l'esame di *Sistemi dinamici* né l'esame di *Elementi di meccanica dei continui*, allora deve inserire nel piano di studi (prescrizione) gli insegnamenti *Sistemi dinamici* e *Supplementi di fisica matematica*, e lo studente non può inserirvi l'insegnamento *Istituzioni di fisica matematica*;
 - (f.2) se lo studente ha utilizzato l'esame di *Meccanica razionale e analitica* per il conseguimento della laurea triennale e ha sostenuto uno degli esami di *Sistemi dinamici* ed *Elementi di meccanica dei continui* senza usarlo per il conseguimento della laurea triennale, allora può chiedere il riconoscimento di quest'ultimo esame come *Istituzioni di fisica matematica* a seguito di un colloquio integrativo di 2 CFU;
 - (f.3) se lo studente ha utilizzato l'esame di *Sistemi dinamici* per il conseguimento della laurea triennale e ha sostenuto uno degli esami di *Meccanica razionale e analitica* ed *Elementi di meccanica dei continui* senza usarlo per il conseguimento della laurea triennale, allora può chiedere il riconoscimento di quest'ultimo esame come *Istituzioni di fisica matematica* a seguito di un colloquio integrativo di 2 CFU;
 - (f.5) se lo studente ha utilizzato entrambi gli esami di *Sistemi dinamici* e di *Meccanica razionale e analitica* per il conseguimento della laurea triennale, allora deve inserire nel piano di studi (prescrizione) l'insegnamento *Supplementi di fisica matematica*, e non può inserirvi l'insegnamento *Istituzioni di fisica matematica*;
 - (f.6) lo studente non è soggetto a ulteriori prescrizioni per il settore MAT/07.
- (g) Se lo studente ha sostenuto l'esame di *Calcolo scientifico* senza utilizzarlo per il conseguimento della laurea triennale, allora può chiederne il riconoscimento come *Istituzioni di analisi numerica* a seguito di un colloquio integrativo di 2 CFU.
- (h) Ogni modulo integrativo che lo studente ha dovuto inserire come prescrizione nel proprio piano di studi conta come l'insegnamento istituzionale dello stesso settore per quel che riguarda la struttura del piano di studi descritta nei commi 5.4 e 5.5.
- (i) È garantito in ogni caso il riconoscimento di tutti i CFU precedentemente acquisiti e non utilizzati per il conseguimento della laurea triennale, e non sono attribuibili ulteriori prescrizioni oltre a quelle qui elencate.

13.2. Agli studenti che chiedono di iscriversi al corso di laurea magistrale in Matematica provenendo dal corso di laurea triennale in Matematica dell'Università di Pisa della classe 32 (Scienze matematiche) ex legge 509/99, curriculum computazionale a orientamento informatico, si applicano le seguenti norme transitorie, il cui scopo è permettere la transizione riconoscendo tutti gli esami fatti dallo studente senza alcun aggravio rispetto alla situazione precedente:

- (a) Lo studente deve inserire nel proprio piano di studi (prescrizione) un insegnamento del settore MAT/01 (Logica Matematica) se nessun esame di questo settore è stato utilizzato per il conseguimento della laurea triennale.
- (b) Riguardo gli insegnamenti del settore MAT/02 (Algebra):
- (b.1) se lo studente non ha sostenuto alcuno fra gli esami di *Elementi di algebra commutativa* ed *Elementi di algebra computazionale*, allora deve inserire nel proprio piano di studi (prescrizione) l'insegnamento *Complementi di algebra*;
 - (b.2) se lo studente ha sostenuto uno solo fra gli esami di *Elementi di algebra commutativa* ed *Elementi di algebra computazionale*, e lo ha utilizzato per il conseguimento della laurea triennale, allora non è soggetto a ulteriori prescrizioni per il settore MAT/02;
 - (b.3) se lo studente ha sostenuto uno fra gli esami di *Elementi di algebra commutativa* ed *Elementi di algebra computazionale* senza utilizzarlo per il conseguimento della laurea triennale, può chiederne il riconoscimento come *Istituzioni di algebra* a seguito di un colloquio integrativo di 2 CFU;
 - (b.4) se lo studente ha sostenuto entrambi gli esami di *Elementi di algebra commutativa* ed *Elementi di algebra computazionale* senza utilizzarli per il conseguimento della laurea triennale, può chiedere il riconoscimento di uno di essi come tale, e il riconoscimento dell'altro come *Istituzioni di algebra* a seguito di un colloquio integrativo di 2 CFU;
 - (b.5) se lo studente ha utilizzato entrambi gli esami di *Elementi di algebra commutativa* e di *Elementi di algebra computazionale* per il conseguimento della laurea triennale, allora deve inserire nel proprio piano di studi (prescrizione) l'insegnamento *Supplementi di algebra*, e non può inserirvi l'insegnamento *Istituzioni di algebra*;
 - (b.6) lo studente non è soggetto ad alcuna altra prescrizione riguardante il settore MAT/02.
- (c) Riguardo gli insegnamenti del settore MAT/03 (Geometria):
- (c.1) se lo studente non ha sostenuto l'esame di *Topologia e analisi complessa*, allora deve inserirlo nel proprio piano di studi (prescrizione);
 - (c.2) se lo studente ha utilizzato l'esame di *Elementi di geometria differenziale* per il conseguimento della laurea triennale allora deve inserire nel piano di studi (prescrizione) l'insegnamento *Supplementi di geometria*, e non può inserirvi l'insegnamento *Istituzioni di geometria*;
 - (c.3) se lo studente ha sostenuto l'esame di *Elementi di geometria differenziale* senza utilizzarlo per il conseguimento della laurea triennale, allora può chiederne il riconoscimento come *Istituzioni di geometria* a seguito di un colloquio integrativo di 2 CFU;
 - (c.4) lo studente non è soggetto ad alcuna altra prescrizione riguardante il settore MAT/03.
- (d) Riguardo gli insegnamenti del settore MAT/05 (Analisi matematica):
- (d.1) se lo studente non ha sostenuto l'esame di *Analisi funzionale*, allora deve inserire nel piano di studi (prescrizione) l'insegnamento *Analisi di più variabili III*;
 - (d.2) se lo studente ha utilizzato l'esame di *Operatori differenziali* per il conseguimento della laurea triennale allora deve inserire nel piano di studi (prescrizione) l'insegnamento *Supplementi di analisi matematica*, e non può inserirvi l'insegnamento *Istituzioni di analisi matematica*;
 - (d.3) se lo studente ha sostenuto l'esame di *Operatori differenziali* senza utilizzarlo per il conseguimento della laurea triennale, allora può chiederne il riconoscimento come *Istituzioni di analisi matematica* a seguito di un colloquio integrativo di 2 CFU;
 - (d.4) lo studente non è soggetto ad alcuna altra prescrizione riguardante il settore MAT/05.
- (e) Riguardo il settore MAT/06 (Probabilità e statistica matematica):
- (e.1) se lo studente non ha sostenuto l'esame di *Probabilità*, allora deve inserirlo nel piano di studi (prescrizione);
 - (e.2) lo studente non è soggetto a ulteriori prescrizioni per il settore MAT/06.
- (f) Riguardo il settore MAT/07 (Fisica matematica):
- (f.1) se lo studente ha sostenuto uno degli esami di *Meccanica razionale e analitica* ed *Elementi di meccanica dei continui*, e non ne ha utilizzato alcuno per il conseguimento della laurea triennale, allora può chiedere il riconoscimento dell'esame sostenuto come *Istituzioni di fisica matematica* a seguito di un colloquio integrativo di 2 CFU;

- (f.2) se lo studente ha utilizzato uno degli esami di *Meccanica razionale e analitica* o *Elementi di meccanica dei continui* per il conseguimento della laurea triennale, allora deve inserire nel piano di studi (prescrizione) l'insegnamento *Supplementi di fisica matematica*, e non può inserirvi l'insegnamento *Istituzioni di fisica matematica*;
- (f.3) lo studente non è soggetto a ulteriori prescrizioni per il settore MAT/07.
- (g) Se lo studente intende seguire il curriculum Generale, deve inserire nel piano di studi (prescrizione) gli insegnamenti di *Fisica II* e *Fisica III* che non ha già sostenuto.
- (h) Ogni modulo integrativo che lo studente ha dovuto inserire come prescrizione nel proprio piano di studi conta come l'insegnamento istituzionale dello stesso settore per quel che riguarda la struttura del piano di studi descritta nei commi 5.4 e 5.5.
- (i) È garantito in ogni caso il riconoscimento di tutti i CFU precedentemente acquisiti e non utilizzati per il conseguimento della laurea triennale, e non sono attribuibili ulteriori prescrizioni oltre a quelle qui elencate.

13.3. Gli studenti iscritti al corso di laurea specialistica in Matematica dell'Università di Pisa ex legge 509/99 che scelgano di passare al nuovo corso di laurea avranno riconosciuti tutti i CFU già acquisiti al momento del passaggio e non utilizzati per il conseguimento della laurea triennale.