

**Regolamento didattico
del Corso di laurea in Matematica
Classe L-35: Scienze Matematiche**

SOMMARIO

1. Obiettivi formativi
2. Curricula offerti agli studenti
3. Piani di studio
4. Tipologia delle attività formative e degli esami
5. Elenco delle attività formative con relativi contenuti
6. Requisiti minimi di docenza
7. Riconoscimento crediti
8. Piani di studio canonici dei due curricula
9. Obblighi di frequenza e propedeuticità
10. Prova finale
11. Conoscenze minime richieste per l'accesso al corso di laurea
12. Attività di ricerca a supporto del corso di laurea
13. Rapporto con il mondo del lavoro
14. Norme transitorie

TABELLA 1: Piano di studio canonico del Curriculum fondamentale

TABELLA 2: Piano di studio canonico del Curriculum computazionale a orientamento informatico

1. Obiettivi formativi

1.1. Il Corso di Laurea in Matematica è un corso di studio di tipo metodologico, e propone di formare laureati che abbiano una solida preparazione di base in Matematica e che siano entrati in contatto con le principali applicazioni della Matematica in Fisica e Informatica. Il percorso formativo, pur basato su un'ampia parte comune a tutti gli studenti, permette al suo interno sia percorsi che danno una valida preparazione per il proseguimento degli studi in una laurea specialistica in Matematica o in altre discipline, sia percorsi propedeutici a un ingresso efficace nel mondo del lavoro (in ambiti computazionali, finanziari, modellistici, o altri), sia percorsi che possono sfociare nell'insegnamento nelle scuole secondarie.

In particolare, saranno permessi percorsi che si caratterizzano per l'attenzione a una formazione equilibrata nelle discipline matematiche fondamentali assieme a una buona preparazione in Fisica, senza rinunciare ad altri settori applicati; e percorsi che, oltre a fornire una equilibrata preparazione di base nelle discipline matematiche, privilegiano gli aspetti algoritmici e computazionali con attenzione alle varie applicazioni della matematica, tra cui in particolare quelle di tipo informatico e di calcolo scientifico.

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

I laureati in matematica:

- (a) conoscono e sanno utilizzare il calcolo in una e più variabili e l'algebra lineare. Inoltre, posseggono le seguenti conoscenze:
- conoscenze di base sulle equazioni differenziali;
 - conoscenze di base sul calcolo delle probabilità;
 - conoscenze di base di statistica;
 - conoscenze di alcuni metodi numerici;
 - conoscenze di base di topologia generale;
 - conoscenze di base di algebra astratta;
 - conoscenze di base di fisica matematica;
- e, a seconda del percorso seguito, alcune delle seguenti conoscenze:
- conoscenze di base sulle funzioni di una variabile complessa;
 - conoscenze di base di topologia algebrica;
 - conoscenze di base di ricerca operativa.
- (b) conoscono e comprendono le applicazioni di base della Matematica alla Fisica e all'Informatica, con prevalenza dell'uno o l'altro campo a seconda del percorso seguito.

Questi obiettivi verranno raggiunti tramite un congruo numero di insegnamenti fondamentali, in larga maggioranza obbligatori per tutti gli studenti. Tali insegnamenti fondamentali sono strutturati in una parte di lezione e una parte di esercitazioni. Inoltre, alcuni insegnamenti (di Informatica, Fisica e Analisi Numerica) hanno associato un laboratorio, e sono previsti anche dei laboratori autonomi (cioè non associati a un insegnamento) per l'apprendimento e lo sviluppo di capacità informatiche, di calcolo numerico e di modellizzazione matematica in situazioni concrete. In particolare, questi laboratori concorrono a fare in modo che i laureati in Matematica abbiano

- (c) adeguate competenze computazionali e informatiche, comprendenti anche la conoscenza di linguaggi di programmazione o di software specifici.

Infine, i laureati in Matematica

- (d) sono capaci di leggere e comprendere testi anche avanzati di Matematica, e di consultare articoli di ricerca in Matematica.

Quest'ultimo obiettivo sarà raggiunto tramite gli insegnamenti del terzo anno, che faranno riferimento a testi anche avanzati di Matematica, e alla prova finale, che, come specificato più oltre, consiste nella discussione orale di un elaborato scritto individuale in cui sia presentato un argomento matematico di particolare interesse teorico, algoritmico o applicativo; tale elaborato sarà preparato partendo dalla consultazione di testi avanzati e di articoli di ricerca in Matematica.

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

I laureati in matematica:

- (a) sono in grado di produrre dimostrazioni rigorose di risultati matematici non identici a quelli già conosciuti ma chiaramente correlati a essi;
- (b) sono in grado di risolvere problemi di moderata difficoltà in diversi campi della matematica;
- (c) sono in grado di formalizzare matematicamente problemi di moderata difficoltà formulati nel linguaggio naturale, e di trarre profitto da questa formulazione per chiarirli o risolverli;
- (d) sono in grado di estrarre informazioni qualitative da dati quantitativi;
- (e) sono in grado di utilizzare strumenti informatici e computazionali sia come supporto ai processi matematici, sia per acquisire ulteriori informazioni.

Le esercitazioni previste per tutti gli insegnamenti, assieme alle verifiche scritte e orali previste come prova d'esame e talvolta anche in itinere, permettono il raggiungimento degli obiettivi (a), (b), (c) e (d). I laboratori informatici e computazionali obbligatori previsti permettono il raggiungimento dell'obiettivo (e), e contribuiscono al raggiungimento degli obiettivi (c) e (d).

1.4. *Autonomia di giudizio (making judgements).*

I laureati in matematica:

- (a) sono in grado di costruire e sviluppare argomentazioni logiche con una chiara identificazione di assunti e conclusioni;
- (b) sono in grado di riconoscere dimostrazioni corrette, e di individuare ragionamenti fallaci;
- (c) sono in grado di proporre e analizzare modelli matematici associati a situazioni concrete di moderata difficoltà derivanti da altre discipline, e di usare tali modelli per facilitare lo studio della situazione originale;
- (d) hanno esperienza di lavoro di gruppo, ma sanno anche lavorare bene autonomamente.

Tutte le attività formative del Corso di Laurea in Matematica concorrono al raggiungimento degli obiettivi (a) e (b), che caratterizzano in modo particolare la preparazione del laureato in Matematica. Le attività affini e integrative previste dal corso di Laurea, obbligatoriamente in settori scientifico/disciplinari non di Matematica, concorrono al raggiungimento dell'obiettivo (c), assieme agli insegnamenti obbligatori di probabilità e statistica e ai laboratori del secondo e terzo anno, soprattutto per i percorsi con una maggiore attenzione verso gli aspetti computazionali e le applicazioni della matematica. Le attività di laboratorio sono tipicamente svolte in gruppo, mentre nelle 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 in matematica:

- (a) sono in grado di comunicare problemi, idee e soluzioni riguardanti la Matematica di base, 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 relativamente elementari 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 orale previste in quasi tutti gli insegnamenti che soprattutto mediante l'esposizione scritta e orale parte integrante della prova finale; inoltre, le attività formative relative alla lingua inglese sono pensate in modo da permettere il conseguimento di questo obiettivo. L'obiettivo (b) è raggiunto principalmente tramite le attività formative affini e integrative, previste obbligatoriamente in settori scientifico-disciplinari non di Matematica, e ai laboratori del secondo e terzo anno, 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 in matematica:

- (a) sono in grado di proseguire gli studi, 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, adattandosi facilmente a nuove problematiche.

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

2. Curricula offerti agli studenti

2.1. Sono previsti i due seguenti *curricula*:

- *Curriculum fondamentale*;
- *Curriculum computazionale a orientamento informatico*.

2.2. Il curriculum *fondamentale* del Corso di laurea in Matematica si caratterizza per l'attenzione a una formazione equilibrata nelle discipline matematiche fondamentali con una buona preparazione in fisica, che rappresenta il campo di applicazione più naturale e stimolante per la ricerca matematica, senza rinunciare ad altri settori applicati.

2.3. Il curriculum *computazionale a orientamento informatico*, oltre a fornire una equilibrata preparazione di base nelle discipline matematiche, privilegia gli aspetti algoritmici e computazionali con attenzione alle varie applicazioni della matematica tra cui quelle di tipo informatico e di calcolo scientifico.

2.4 I piani di studio canonici dei due curricula sono descritti nella sezione 8.

3. Piani di studio

3.1. Ogni anno entro il 31 ottobre gli studenti (con l'eccezione degli iscritti al primo anno) presentano, con modalità, anche telematiche, stabilite dal Consiglio di corso di studio, il proprio piano di studio. Il piano di studio deve contenere l'indicazione del curriculum (o l'opzione per un piano di studi individuale; si veda l'articolo 3.3) e precisare le attività formative scelte come moduli caratterizzanti (si vedano gli articoli 8.5 e 8.6) e come attività a scelta dello studente (si veda l'articolo 8.7). Gli iscritti al primo anno non devono presentare un piano di studio.

3.2. Il Consiglio di corso di studio esamina entro il 20 novembre i piani di studio presentati, e decide se approvarli o meno. I piani di studio conformi alle indicazioni dei commi 8.5, 8.6 e 8.7 sono automaticamente approvati. In caso di mancata approvazione, il Consiglio concorda con lo studente le modifiche necessarie, in modo da giungere a una approvazione definitiva entro il 30 novembre.

3.3. 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, ed è soggetto ad approvazione da parte del Consiglio di corso di studio, con le modalità indicate nel comma 3.2.

3.4. Per comprovati motivi di necessità e urgenza, lo studente può chiedere di cambiare il proprio piano di studio in corso d'anno.

4. Tipologia delle attività formative

4.1. Ciascuno dei tre anni del corso di laurea s'intende suddiviso in due semestri.

4.2. Il corso di laurea in Matematica prevede i seguenti tipi di attività formative: insegnamenti annuali del primo anno (si veda l'articolo 4.3), moduli introduttivi (si veda l'articolo 4.4), moduli del primo tipo (si veda l'articolo 4.4), moduli del secondo tipo (si veda l'articolo 4.5), laboratori associati a un insegnamento (si veda l'articolo 4.6), laboratori autonomi (si veda l'articolo 4.7), e attività di supporto all'apprendimento della lingua inglese (si veda l'articolo 4.9).

4.3. Gli *insegnamenti annuali* sono rivolti agli studenti del primo anno, e sono dedicati all'apprendimento degli elementi di base di una disciplina tramite una tempistica che ne permetta un'acquisizione ponderata e duratura, e con una significativa attenzione verso gli aspetti procedurali e di *problem solving*.

L'insegnamento si svolge durante l'intero anno accademico, e si compone di 60 ore di lezione e da 60 ore di esercitazione, tenute da due docenti diversi. Le ore di esercitazione sono finalizzate all'acquisizione, da parte dello studente, delle abilità da accertare in forma scritta.

La prova d'esame si compone di due parti: accertamento in forma scritta delle abilità, svolto *in itinere*, con possibilità di recupero in fase di esame finale sempre tramite prova scritta per gli studenti non frequentanti e per quelli che non superino gli accertamenti *in itinere*; e una prova orale finale.

Il superamento della prova finale permette l'acquisizione di 15 crediti formativi; quindi 1 credito formativo corrisponde a 8 ore di lezione frontale, e il 68% di ciascun credito è destinato allo studio individuale.

4.4. I moduli *introduttivi* e i moduli *del primo tipo* sono dedicati all'apprendimento degli elementi di una disciplina che comporti, come parte essenziale, l'acquisizione di abilità procedurali e di *problem solving*. I moduli introduttivi sono rivolti agli studenti del primo anno, e si differenziano dai moduli del primo tipo per la maggiore frazione di credito destinata allo studio individuale, necessaria perché gli studenti del primo anno giungano a una solida comprensione della disciplina.

L'insegnamento si svolge durante un semestre, e si compone di 30 ore di lezione e di 30 ore di esercitazione, di norma tenute da due docenti diversi. Le ore di esercitazione sono finalizzate all'acquisizione, da parte dello studente, delle abilità da accertare in forma scritta.

La prova d'esame si compone di due parti: accertamento in forma scritta delle abilità, svolto *o in itinere* (e con possibilità di recupero in fase di esame finale sempre tramite prova scritta per gli studenti non frequentanti e per quelli che non superino gli accertamenti *in itinere*), oppure, ma solo per i moduli del primo tipo, solamente in fase di esame finale; e una prova orale finale. In caso al modulo sia associato un laboratorio (vedi l'articolo 4.6) la valutazione finale di profitto è unica per il modulo e il laboratorio.

Per alcune coppie di moduli del primo tipo (elencati nell'articolo 8.9) è prevista la possibilità di un esame finale unificato. Tale esame può essere sostenuto in uno qualsiasi degli appelli previsti per i due moduli. Per poter usufruire di questa possibilità, lo studente deve comunicare la sua intenzione, almeno una settimana prima della data prevista per l'appello in cui desidera sostenere l'esame unificato, al presidente della commissione interessata. L'esame unificato si conclude comunque con due votazioni distinte, una per ciascun modulo; in particolare, è possibile superare anche solo uno dei due moduli, o accettare solo una delle due votazioni.

Il superamento della prova finale permette l'acquisizione di 9 crediti formativi per i moduli introduttivi, e di 6 crediti formativi per i moduli del primo tipo. Quindi 1 credito formativo corrisponde a circa 6.6 ore di lezione frontale per i moduli introduttivi, e a 10 ore di lezione frontale per i moduli del primo tipo. Il 73% circa di ciascun credito nel caso dei moduli introduttivi, e il 60% di ciascun credito nel caso dei moduli del primo tipo, è destinato allo studio individuale.

4.5. I moduli *del secondo tipo* sono dedicati all'apprendimento degli elementi di una disciplina che, per sua natura, richieda uno sforzo più concettuale e meno finalizzato all'acquisizione di abilità procedurali o di *problem solving*, e di conseguenza un maggiore studio individuale rispetto ai moduli del primo tipo.

L'insegnamento si svolge durante un semestre, e si compone di 48 ore di lezioni, comprensive delle esercitazioni (queste ultime per un ammontare non inferiore a 15 ore) e tenute da un singolo docente.

La prova d'esame consiste di norma in un colloquio orale finale.

Il superamento della prova finale permette l'acquisizione di 6 crediti formativi. Quindi 1 credito formativo corrisponde a 8 ore di lezione frontale, e il 68% di ciascun credito è destinato allo studio individuale.

4.6. Un laboratorio *associato a un insegnamento* è concepito come attività di appoggio a una disciplina che comporti il conseguimento di abilità sperimentali, o computazionali di tipo informatico.

Un laboratorio di questo tipo è associato a un modulo del primo tipo, e si svolge in contemporanea a esso in un semestre. Il docente che tiene il laboratorio può essere diverso dal docente che tiene il modulo associato.

L'attività nel laboratorio si compone di due parti: lezione frontale, per un massimo di 20 ore; e attività individuale e di gruppo nelle aule preposte, con o senza il supporto di un docente.

La verifica di profitto avviene sulla base del lavoro svolto in aula; la valutazione finale del profitto è unica per il laboratorio e il modulo a cui è associato. In caso di comprovata impossibilità a frequentare il laboratorio (per esempio nel caso di studenti lavoratori), altre forme di accertamento possono essere concordate col docente.

Ciascun laboratorio associato a un insegnamento permette l'acquisizione di 3 crediti formativi. Quindi 1 credito formativo corrisponde a un massimo di circa 6.6 ore di lezione frontale, per cui almeno il 73% di ciascun credito è destinato allo studio individuale.

4.7. Un laboratorio *autonomo* è dedicato al conseguimento di ulteriori abilità informatiche di supporto e complemento a tutti gli insegnamenti.

Un laboratorio autonomo può svolgersi durante un semestre oppure durante un intero anno accademico. Può essere affidato a più docenti.

L'attività nel laboratorio si compone di due parti: lezione frontale (in misura non superiore a 6.6 ore circa per credito formativo) e attività individuale e di gruppo nelle aule informatiche, con o senza il supporto di un docente.

La verifica di profitto avviene sulla base della frequenza (per i laboratori semestrali) o sulla base del lavoro svolto in aula (per i laboratori annuali). In caso di comprovata impossibilità a frequentare il laboratorio (per esempio nel caso di studenti lavoratori), altre forme di accertamento possono essere concordate col docente.

Un laboratorio autonomo semestrale permette l'acquisizione di 3 crediti formativi, mentre un laboratorio autonomo annuale l'acquisizione di 6 crediti formativi. Quindi 1 credito formativo corrisponde a un massimo di circa 6.6 ore di lezione frontale, per cui almeno il 73% di ciascun credito è destinato allo studio individuale.

4.8. In fase di presentazione del piano di studio, uno studente può proporre di sostituire un laboratorio autonomo annuale con un tirocinio da sostenere presso un ente o una ditta esterna convenzionata con l'Università di Pisa a fronte di un progetto formativo. Tale proposta è soggetta ad approvazione da parte del Consiglio di corso di studio, sentito il docente responsabile del laboratorio in questione, con i tempi e le modalità indicate nell'articolo 3.2.

4.9. Per conseguire la laurea in Matematica è necessaria l'acquisizione di abilità di base nell'uso e la comprensione della lingua inglese, in particolare in campo scientifico, a un livello equiparabile al livello europeo B1 o superiore.

La verifica del possesso di tali abilità, che permette l'acquisizione di 6 crediti formativi, avviene in uno dei modi seguenti:

- colloquio orale al termine dell'insegnamento (comprendente al massimo 20 ore frontali) di Inglese Scientifico offerto dal corso di laurea in Matematica;
- presentazione di un certificato di livello europeo B1 o superiore rilasciato da organizzazioni (quali il Trinity College o la Cambridge University) abilitate dall'Unione Europea;
- presentazione di certificato di superamento dell'esame TOEFL con un punteggio di almeno 350 per il test su carta, di almeno 65 per il test computerizzato;
- presentazione di certificato attestante il superamento dell'esame di Lingua Inglese (livello superiore) presso la Scuola Normale Superiore;
- presentazione di certificato attestante il superamento dell'esame di Lingua Inglese di livello B1 o superiore presso il Centro Linguistico Interdipartimentale di Ateneo.

5. Elenco delle attività formative con relativi contenuti

5.1. Insegnamenti annuali del primo anno

- *Elementi di analisi matematica* (MAT/05; 15 CFU; attività di base; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta, anche in itinere, e orale):
Funzioni elementari (potenze, esponenziali, logaritmi, eccetera). Connettivi e quantificatori logici. Teoria elementare degli insiemi. Numeri reali e complessi. Estremo superiore e inferiore. Limiti di successioni. Completezza e compattezza. Limiti di funzioni e funzioni continue. Teorema degli zeri e teorema di Weierstrass. Infiniti e infinitesimi. Derivate. Regole di derivazione. Teoremi di Rolle, Lagrange e Cauchy. Formula di Taylor. Integrale di Riemann in una variabile. Teorema fondamentale del calcolo integrale. Calcolo di integrali e primitive. Serie numeriche. Serie di potenze (cenni). Equazioni differenziali di tipo elementare.
- *Geometria analitica e algebra lineare* (MAT/02–03; 15 CFU; attività di base; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta, anche in itinere, e orale):
Sistemi lineari; struttura lineare di \mathbb{R}^n ; spazi vettoriali, sottospazi e applicazioni lineari; determinanti; geometria analitica: mutue posizioni di rette e piani nello spazio; diagonalizzazione, triangolarizzazione

di matrici e applicazioni lineari; teorema di Jordan; forme bilineari e teorema di Sylvester; teorema spettrale; classificazione delle forme quadratiche.

5.2. Moduli introduttivi

- *Aritmetica* (MAT/02; 9 CFU; attività di base; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta, anche in itinere, e orale):
Induzione. Aritmetica degli interi, congruenze, principali strutture algebriche, omomorfismi, estensioni semplici di campi.
- *Fisica I* (FIS/01–02; 9 CFU; attività di base; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta, anche in itinere, e orale):
Misure ed errori: unità di misura. I vettori in Fisica; indipendenza delle leggi dal sistema di coordinate. Cinematica del punto: legge oraria; velocità; accelerazione. I principi della dinamica. Dinamica del punto materiale non vincolato: oscillatore armonico in una e tre dimensioni; campi di forze centrali; il momento angolare; costanti del moto; orbite circolari nel moto kepleriano. Il terzo principio e le equazioni cardinali; sistemi isolati e la conservazione della quantità di moto; il sistema dei due corpi. Vincoli e reazioni vincolari. Il teorema delle forze vive; forze conservative e conservazione dell'energia. Il momento angolare assiale. Cambiamenti di riferimento: composizione delle velocità e formula di Coriolis per le accelerazioni. La dinamica nei riferimenti non inerziali.

5.3. Moduli del primo tipo

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

- *Fisica II* (FIS/01–02; 6 CFU; attività affine; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):
Elettrostatica, correnti stazionarie.
- *Fisica III* (FIS/01–02; 6 CFU, con 3 CFU di laboratorio associato; attività affine; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):
Correnti variabili nel tempo, induzione elettromagnetica, circuiti passivi, linee di trasmissione, onde elettromagnetiche, polarizzazione, irraggiamento, riflessione, rifrazione, cenni di interazione con la materia, ottica geometrica, cenni di relatività ristretta.

5.3.2. Settore INF/01 (*Informatica*)

- *Algoritmi e strutture dati* (INF/01; 6 CFU; attività affine; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):
Strutture dei dati, analisi di algoritmi e complessità, progetto di algoritmi.
- *Architetture e reti* (INF/01): programmazione di rete, architetture.
- *Fondamenti di programmazione* (INF/01; 6 CFU, con 3 CFU di laboratorio associato; attività di base; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta, anche in itinere, e orale):
Programmazione: strutture iterative, funzioni, ricorsione, tipi di dato strutturati. Cenni sui modelli di calcolo astratti e sulla teoria della calcolabilità e complessità.
- *Linguaggi di programmazione* (INF/01; 6 CFU, con 3 CFU di laboratorio associato; attività affine; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):
Macchine astratte, descrizione formale dei linguaggi di programmazione, tecniche di realizzazione.

5.3.3. Settore MAT/02 (*Algebra*)

- *Complementi di algebra* (MAT/02; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):
Moduli e caratterizzazione dei moduli su un PID. Localizzazione. Prodotti tensoriali. Moduli iniettivi e proiettivi. Anelli noetheriani. Teorema della base di Hilbert.
- *Strutture algebriche* (MAT/02; 6 CFU; attività caratterizzante; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):
gruppi, azioni di un gruppo su un insieme, anelli, anelli speciali, elementi di teoria di Galois.

5.3.4. Settore MAT/03 (*Geometria*)

- *Geometria e topologia differenziale* (MAT/03; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):

Geometria differenziale di curve e superfici nello spazio euclideo, introduzione a varietà e mappe differenziabili in dimensione n .

- *Geometria proiettiva* (MAT/03; 6 CFU; attività caratterizzante; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):
Spazi e sottospazi proiettivi, proiettività, riferimenti proiettivi. Birapporto. Curve algebriche piane. Proprietà locali, risultante e teorema di Bezout. Coniche. Nozioni di base di topologia: spazi topologici, continuità, assiomi di separazione, connessione, compattezza, topologia quoziente. Struttura topologica di $\mathbb{P}^n(\mathbb{R})$ e di $\mathbb{P}^n(\mathbb{C})$.
- *Topologia e analisi complessa* (MAT/03; 6 CFU; attività caratterizzante; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):
Gruppo fondamentale, rivestimenti, funzioni di una variabile complessa.

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

- *Analisi in più variabili I* (MAT/05; 6 CFU; attività caratterizzante; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):
Funzioni di più variabili reali. Limiti e continuità. Derivate parziali e teorema del differenziale totale. Massimi e minimi locali. Integrali multipli. Teorema di Fubini-Tonelli. Cambiamenti di variabile. L'integrale di Lebesgue (cenni). Spazi metrici e nozioni di base di topologia. Convergenza uniforme di funzioni. Teorema delle contrazioni. Serie di potenze e serie di Fourier. Equazioni differenziali ordinarie e Teorema di Cauchy.
- *Analisi in più variabili II* (MAT/05; 6 CFU; attività caratterizzante; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):
Teorema delle funzioni inversa e della funzione implicita. Varietà in \mathbf{R}^n . Spazio tangente. Moltiplicatori di Lagrange. Curve in forma parametrica e loro lunghezza. Integrazione di campi di vettori (o di 1-forme) lungo una curva. Campi conservativi e potenziale. Superfici in forma parametrica e formula dell'area. Integrazione di un campo di vettori attraverso una superficie. Teoremi di Gauss-Green e di Stokes.
- *Analisi in più variabili III* (MAT/05; 6 CFU; attività non definita; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):
Teoria dell'integrale di Lebesgue e risultati principali; spazi di Lebesgue L^p e convoluzione di funzioni. Ipersuperfici parametriche in spazi euclidei e integrazione. Forme differenziali di grado arbitrario e teorema di Stokes. Teoria classica per le serie di Fourier, decomposizione delle funzioni in funzioni armoniche sferiche e applicazioni alle equazioni a derivate parziali classiche. Funzioni armoniche; soluzione dell'equazione di Poisson via soluzione fondamentale e connessione con la teoria delle funzioni olomorfe.

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

- *Elementi di probabilità e statistica* (MAT/06; 6 CFU; attività caratterizzante; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):
Modelli elementari di probabilità, variabili aleatorie, distribuzioni di probabilità discrete e continue, stime e test statistici, introduzione alla regressione lineare.
- *Probabilità* (MAT/06; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):
Elementi di teoria della misura, variabili aleatorie e loro leggi, indipendenza, speranza e varianza, leggi condizionali, speranze condizionali, funzioni caratteristiche, convergenze.
- *Statistica matematica* (MAT/06): modelli statistici, stime di parametri, test di ipotesi, inferenza bayesiana.

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

- *Sistemi dinamici* (MAT/07; 6 CFU; attività caratterizzante; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):
Equazioni differenziali ordinarie, sistemi dinamici continui e discreti, caos.

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

- *Analisi numerica* (MAT/08; 6 CFU con 3 CFU di laboratorio associato; attività caratterizzante; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):

Analisi degli errori, risoluzione di sistemi di equazioni lineari e non lineari, interpolazione e integrazione, trasformata discreta di Fourier, applicazioni.

- *Calcolo scientifico* (MAT/08; 6 CFU; attività caratterizzante; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):

Sviluppo e analisi di algoritmi di matematica numerica e simbolica, problemi di minimi quadrati, decomposizione a valori singolari, calcolo di autovalori, algoritmi per polinomi.

5.3.10. Settore MAT/09 (*Ricerca operativa*)

- *Ricerca operativa* (MAT/09; 6 CFU; attività caratterizzante; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):

Grafi, programmazione lineare, programmazione intera, elementi di teoria dell'ottimizzazione.

5.4. Moduli del secondo tipo

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

- *Complementi di fisica* (FIS/01–02; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale orale):

Termodinamica, elementi di relatività.

5.4.2. Settore INF/01 (*Informatica*)

- *Strutture algebriche dell'informatica* (INF/01): semantica dei programmi e funzioni/relazioni calcolabili, costrutti di programmazione (la semantica del *for* e del *while*), programmazione parallela, autoreferenzialità e categorie cartesiane chiuse.

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

- *Elementi di logica matematica* (MAT/01; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale orale):

Calcolo dei predicati. Sistemi dimostrativi. Teorema di completezza.

- *Elementi di teoria degli insiemi* (MAT/01; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale scritta e orale):

Cardinali, ordinali, teoria assiomatica degli insiemi.

- *Logica matematica* (MAT/01; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale orale):
Teorie formali e loro modelli. Compattezza. Teoremi di Löwenheim-Skolem. Funzioni calcolabili. Teoremi di incompletezza. Teorie decidibili e indecidibili.

5.4.4. Settore MAT/02 (*Algebra*)

- *Elementi di algebra computazionale* (MAT/02; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale orale):

Algoritmi fondamentali di calcolo algebrico: GCD, fattorizzazione, risoluzione di sistemi non lineari, applicazioni.

- *Gruppi e rappresentazioni* (MAT/02; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale orale):

???

- *Teoria algebrica dei numeri 1* (MAT/02; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale orale):

Congruenze di grado superiore al primo e struttura moltiplicativa delle classi residue. Proprietà algebriche e asintotiche delle funzioni aritmetiche. Problemi additivi e moltiplicativi legati alla distribuzione dei numeri primi. Approssimazione razionale di numeri algebrici e trascendenti.

- *Teoria dei campi e teoria di Galois* (MAT/02; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale orale):

Estensioni algebriche ed estensioni trascendenti; chiusura algebrica, separabilità, teoria di Galois, estensioni abeliane, teoria di Kummer.

- *Teoria dei codici e crittografia* (MAT/02; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale orale):

Tecniche matematiche per la costruzione e la crittoanalisi di sistemi crittografici. Metodi matematici per la costruzione e lo studio di codici per il rilevamento e la correzione di errori di trasmissione.

5.4.5. Settore MAT/03 (Geometria)

- *Elementi di analisi complessa* (MAT/03; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale orale):
Teorema di uniformizzazione di Riemann; proprietà geometriche del gruppo delle omografie; principio di simmetria e sue applicazioni; un modello di piano iperbolico; cenni sulle funzioni di più variabili complesse.
- *Elementi di geometria algebrica* (MAT/03; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale orale):
Varietà affini, proiettive e quasi-proiettive. Morfismi. Applicazioni razionali. Punti lisci e dimensione.
- *Elementi di topologia algebrica* (MAT/03; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale orale):
Omologia simpliciale e singolare, CW complessi, coomologia, prodotto cup, dualità di Poincaré.

5.4.6. Settore MAT/04 (Matematiche complementari)

- *Storia della matematica* (MAT/03; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale orale):
???

5.4.7. Settore MAT/05 (Analisi matematica)

- *Elementi di calcolo delle variazioni* (MAT/05; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale orale):
Problemi variazionali in una variabile, principi variazionali, geodetiche, sistemi dinamici, metodi elementari di analisi non lineare.
- *Elementi di equazioni differenziali alle derivate parziali* (MAT/05; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale orale):
Equazioni della meccanica e principio variazionale, equazioni di Laplace e di Poisson in due o in tre dimensioni, propagazione delle onde acustiche ed elettromagnetiche, equazioni di diffusione, sistemi dell'elasticità e dell'elettromagnetismo, cenni su leggi di conservazione.
- *Metodi topologici in analisi globale* (MAT/05; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale orale):
Elementi di analisi non lineare per alcuni problemi di tipo "globale", quali: il problema della sella, il punto fisso di Brouwer, le dimensioni e l'invarianza del dominio, la pettinabilità della sfera, il problema di Jordan. Applicazioni alle equazioni differenziali.

5.4.8. Settore MAT/06 (Probabilità e statistica matematica)

- *Processi stocastici* (MAT/06; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale orale):
Complementi di teoria dell'integrazione, martingale, catene di Markov, moto browniano.

5.4.9. Settore MAT/07 (Fisica matematica)

- *Elementi di meccanica celeste* (MAT/07; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale orale):
Problema dei due e tre corpi (ristretto) con integrazione numerica delle equazioni del moto, teoria delle maree, moti della terra come corpo esteso.
- *Elementi di meccanica dei continui* (MAT/07; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale orale):
Richiami di calcolo tensoriale, meccanica dei continui tridimensionali e dei continui unidimensionali (anche con struttura).

5.4.10. Settore MAT/08 (Analisi numerica)

- *Metodi numerici per equazioni differenziali ordinarie* (MAT/08; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale orale):
Risoluzione numerica di equazioni differenziali ordinarie ai valori iniziali e ai valori limite, metodi a un passo, metodi a più passi, metodi di *shooting*.

5.4.11. Settore MAT/09 (Ricerca operativa)

- *Ottimizzazione combinatoria* (MAT/09; 6 CFU; attività non specificata; lezioni ed esercitazioni; prova finale orale):
Ottimalità e algoritmi, algoritmi euristici, tecniche di rilassamento, algoritmi enumerativi.
- *Ricerca operativa e reti di comunicazione e di trasporto* (MAT/09): algoritmi *ad hoc* per problemi di flusso su rete, *routing* in reti di comunicazione, progetto di reti di comunicazione, reti di trasporto.

5.5. Laboratori associati a un insegnamento

- *Laboratorio computazionale numerico* [associato ad *Analisi numerica*] (MAT/08; 3 CFU; attività caratterizzante; laboratorio; verifica sulla base del lavoro svolto in aula):
Implementazione e analisi di algoritmi numerici.
- *Laboratorio di fisica* [associato a *Fisica III*] (FIS/01–02; 3 CFU; attività affine; laboratorio; verifica sulla base del lavoro svolto in aula):
Esperienze di laboratorio su induzione elettromagnetica, filtri passivi, circuiti elettrici risonanti ed antirisonanti, leggi dell'ottica geometrica, riflessione totale, polarizzazione della luce.
- *Laboratorio d'informatica* [associato a *Linguaggi di programmazione*] (INF/01; 3 CFU; attività affine; laboratorio; verifica sulla base del lavoro svolto in aula):
Programmazione di semplice *software* di base.
- *Laboratorio di programmazione* [associato a *Fondamenti di programmazione*] (INF/01; 3 CFU; attività di base; laboratorio; verifica sulla base del lavoro svolto in aula):
Introduzione alla programmazione: uso dei principali costrutti linguistici, delle strutture di dati e degli algoritmi di base, delle tecniche fondamentali di progettazione software e dei più comuni strumenti di supporto.

5.6. Laboratori autonomi

- *Laboratorio computazionale* (INF/01; 6 CFU; attività affine; laboratorio; verifica sulla base del lavoro svolto in aula):
Programmazione di *software* matematico per problemi di matematica computazionale, sperimentazione e applicazione a problemi del mondo reale.
- *Laboratorio di comunicazione mediante calcolatore* (3 CFU; altre attività; laboratorio; verifica sulla base della frequenza):
Cenni sull'*hardware*: clock, CPU, RAM, I/O. Linux: il kernel, utenti e diritti, l'albero dei file, i filesystem, i processi. Comandi principali. La bash e le consolle virtuali. Interconnessione di calcolatori in rete. Filosofia Client-Server. X11, i name server, telnet, ftp, secure shell, finger, talk, lpr. E-mail. WWW. Scrittura di testi matematici in $\text{T}_\text{E}\text{X}$. Scrittura di pagine Web in html.
- *Laboratorio didattico di matematica computazionale* (3 CFU; altre attività; laboratorio; verifica sulla base della frequenza):
Sperimentazione al calcolatore su numeri, polinomi, funzioni reali, sistemi lineari, equazioni differenziali, e altri oggetti matematici.
- *Laboratorio sperimentale di matematica computazionale* (INF/01; 6 CFU; attività affine; laboratorio; verifica sulla base del lavoro svolto in aula):
Risoluzione al calcolatore di problemi matematici.

5.7. Attività formative per la lingua inglese

- *Inglese scientifico*: ha lo scopo di aiutare gli studenti a comprendere l'inglese di un testo matematico, e a padroneggiare la pronuncia di termini matematici essenziali. Inoltre, viene richiamata la grammatica usata nell'inglese comune e nell'inglese scientifico.

6. Requisiti minimi di docenza

6.1. Il Consiglio di corso di studio, in fase di programmazione didattica, provvede ad assegnare attività formative all'interno del corso di laurea ad almeno 12 docenti di ruolo della Facoltà di Scienze Matematiche,

Fisiche e Naturali dell'Università di Pisa. Questo numero sarà portato a 21 in caso il numero degli immatricolati dell'A.A. precedente sia superiore alla numerosità prevista per il corso di laurea.

6.2. Il Consiglio di corso di studio, in fase di programmazione didattica, provvede ad assegnare almeno 120 crediti 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.

6.3. 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.

6.4. 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 36 crediti.

7. Riconoscimento crediti

7.1. In caso di trasferimento da altro corso di laurea o da altro ateneo saranno riconosciuti tutti i crediti già maturati dallo studente nei settori scientifico-disciplinari MAT/01-09, FIS/01-08, INF/01 e ING-INF/05, oltre a eventuali crediti relativi ad attività formative per l'apprendimento della lingua inglese. Il Consiglio di corso di studio potrà anche deliberare il riconoscimento di ulteriori crediti già maturati, da inserire fra le attività a scelta dello studente o fra le altre attività formative. In ogni caso, sarà riconosciuto almeno il 50% dei crediti già maturati a tutti gli studenti provenienti da corsi di laurea della classe L-35, Scienze Matematiche.

7.2. Possono essere riconosciute conoscenze e abilità professionali certificate individualmente ai sensi della normativa vigente in materia. Tali conoscenze e abilità devono essere relative alla lingua inglese o di tipo computazionale o informatico. Le modalità di riconoscimento delle conoscenze relative alla lingua inglese sono descritte nell'art. 4.9. Le conoscenze e abilità di tipo computazionale e informatico per poter essere riconosciute devono non essere coperte dagli argomenti trattati nelle attività formative offerte dal corso di laurea. I crediti eventualmente riconosciuti andranno inseriti fra le attività a scelta dello studente o fra le altre attività formative. In ogni caso, non possono essere riconosciuti più di 12 crediti formativi universitari, di cui non più di 6 per conoscenze e abilità di tipo computazionale e informatico.

8. Piani di studio canonici dei due curricula

8.1. I piani di studio canonici relativi al *Curriculum fondamentale* e al *Curriculum computazionale a orientamento informatico* sono quelli indicati, rispettivamente, nella Tabella 1 e nella Tabella 2 allegate.

In questi piani di studio, la distribuzione delle attività formative tra i vari anni e i vari semestri è solo indicativa e non vincolante. In particolare, i crediti richiesti possono essere acquisiti in un tempo inferiore ai tre anni previsti.

8.2. In ciascuna delle due tabelle allegate, accanto a ciascuna attività figurano un numero, che ne misura il peso in crediti, e una lettera. Quest'ultima indica in quale delle seguenti sei *categorie a, b, c, d, e, f* rientra l'attività in questione:

Categoria *a*: Attività formative **di base** (Formazione *matematica di base*, Formazione *fisica*, Formazione *informatica*)

Categoria *b*: Attività formative **caratterizzanti** (Formazione *teorica*, Formazione *modellistico-applicativa*)

Categoria *c*: Attività formative **affini o integrative** (Formazione *interdisciplinare e applicativa*)

Categoria *d*: Attività formative **a scelta dello studente**

Categoria *e*: Attività formative relative alla **prova finale** (*Prova finale e Lingua straniera*)

Categoria *f*: **Altre** attività formative (*Ulteriori conoscenze linguistiche, abilità informatiche e relazionali, tirocini*).

8.3. La suddivisione dei crediti formativi nel curriculum fondamentale è la seguente:

- Attività formative di base: **57 crediti**, suddivisi in
 - Formazione matematica di base: **39 crediti**;
 - Formazione fisica: **9 crediti**;
 - Formazione informatica: **9 crediti**.
- Attività formative caratterizzanti: **63 crediti**, suddivisi in
 - Formazione teorica: **36 crediti**;
 - Formazione modellistico-applicativa: **27 crediti**.
- Attività formative affini o integrative: **21 crediti**.
- Attività formative a scelta dello studente: **18 crediti**.
- Attività formative per la prova finale e la lingua straniera: **15 crediti**.
- Altre attività formative: **6 crediti**.

8.4. La suddivisione dei crediti formativi nel curriculum computazionale a orientamento informatico è la seguente:

- Attività formative di base: **57 crediti**, suddivisi in
 - Formazione matematica di base: **39 crediti**;
 - Formazione fisica: **9 crediti**;
 - Formazione informatica: **9 crediti**.
- Attività formative caratterizzanti: **63 crediti**, suddivisi in
 - Formazione teorica: **30 crediti**;
 - Formazione modellistico-applicativa: **33 crediti**.
- Attività formative affini o integrative: **21 crediti**.
- Attività formative a scelta dello studente: **18 crediti**.
- Attività formative per la prova finale e la lingua straniera: **15 crediti**.
- Altre attività formative: **6 crediti**.

8.5. L'insegnamento che compare nella tabella relativa al curriculum fondamentale sotto la denominazione generica di *Modulo caratterizzante "teorico"* dev'essere scelto dallo studente tra gli insegnamenti attivati dei settori MAT/01-05.

8.6. L'insegnamento che compare nella tabella relativa al curriculum fondamentale sotto la denominazione generica di *Modulo caratterizzante "modellistico-applicativo"* dev'essere scelto dallo studente tra gli insegnamenti attivati dei settori MAT/06-09.

8.7. Lo studente può scegliere come attività formativa a scelta dello studente un qualsiasi insegnamento attivato nell'ateneo, purché coerente con il progetto formativo. La coerenza con il progetto formativo viene valutata dal Consiglio di corso di studio durante l'esame dei piani di studio (si veda la Sezione 3).

8.8. Entrambi i curricula prevedono un totale di **18** esami o valutazioni finali di profitto relative ad attività formative di base, caratterizzanti o affini e integrative.

8.9. Le coppie di moduli del primo tipo per cui è possibile usufruire di un esame unificato come descritto nell'articolo 4.4 sono

- *Calcolo differenziale e Integrazione*;
- *Geometria proiettiva e Topologia e analisi complessa*;
- *Fisica II e Fisica III*.

9. Obblighi di frequenza e propedeuticità

9.1. La frequenza alle varie attività formative non è obbligatoria, ma è caldamente raccomandata. Del pari, è fortemente consigliato frequentare i corsi nell'ordine indicato nei piani di studio canonici (si vedano la Tabella 1 e la Tabella 2 allegate), essendo questo l'ordine giudicato come il più naturale ed efficace dal punto di vista didattico.

9.2. Non sono previste propedeuticità obbligatorie. Comunque, in fase di presentazione dei programmi provvisori (vedi l'articolo 9.3), per ogni insegnamento dev'essere indicato quali altri insegnamenti del corso di laurea sono da considerarsi propedeuticità fortemente raccomandate.

9.3. 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.

10. Prova finale

10.1. La prova finale per il conseguimento della laurea consiste nella discussione orale di un elaborato scritto individuale, redatto dallo studente con l'assistenza di almeno un docente (relatore), eventualmente esterno al corso di laurea, in cui sia presentato un argomento matematico di particolare interesse teorico, algoritmico o applicativo.

10.2. Il voto della prova finale della Laurea 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. In caso 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 presente sul suo piano di studio che preveda un voto è attribuito un valore corrispondente a questo voto (espresso in trentesimi);
 - sono poi scartati i 15 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 6 crediti, e 0.50 punti per ogni lode ottenuta in un'attività formativa di almeno 7 crediti, fino a un massimo di 1.5 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.

11. Conoscenze minime richieste per l'accesso al corso di laurea

11.1. Per l'accesso al Corso di Laurea in Matematica sono richieste, oltre che una buona capacità di comunicazione scritta e orale, le seguenti conoscenze di matematica elementare: operazioni e disequaglianze tra frazioni; operazioni e disequaglianze tra numeri reali; familiarità con la manipolazione di semplici espressioni algebriche e con la risoluzione di equazioni e disequazioni algebriche di primo e di secondo grado; elementi di geometria euclidea e di geometria analitica; familiarità con le definizioni e le prime proprietà delle funzioni elementari (polinomi, esponenziali, logaritmi e funzioni trigonometriche). Tali conoscenze sono richiamate nei precorsi che si svolgono ogni anno prima dell'inizio delle lezioni.

11.2. Il possesso di tali conoscenze è verificato tramite un test non selettivo, offerto prima dell'inizio delle lezioni e con possibilità di recupero durante l'anno. Tale test, pur non pregiudicando in alcun modo l'iscrizione al corso di laurea, può indicare allo studente i punti di forza e le debolezze della sua preparazione iniziale. In caso di non superamento del test, lo studente deve partecipare ad almeno il 70% delle attività di recupero e sostegno appositamente predisposte dal corso di studio.

12. Attività di ricerca a supporto del corso di laurea

12.1. I docenti del Dipartimento 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, in Dipartimento sono ben presenti sia competenze che permettono di avviare gli studenti alla ricerca (pura e applicata) sia competenze che permettono di istruirli 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 in Matematica.

12.2. 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 o-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).

12.3. Il settore MAT/02 è coperto da 3 professori ordinari, 2 professori associati e 3 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).

12.4. 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 oloomorfi* (con particolare riferimento allo studio della dinamica locale in più variabili complesse).

12.5. 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).

12.6. Il settore MAT/05 è coperto da 9 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).

12.7. Il settore MAT/06 è coperto da 2 professori ordinari 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); *teoria dei numeri probabilistica* (con particolare riferimento allo studio delle densità aritmetiche); e la *finanza matematica* (con particolare riferimento ai modelli stocastici).

12.8. Il settore MAT/07 è coperto da 2 professori ordinari, 2 professori associati 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).

12.9. 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.

12.10. 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*.

13. 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:

- nelle società di servizi, banche, assicurazioni, con l'analisi statistica dei dati;
- nelle società che operano sul Web e nella gestione dei motori di ricerca;
- 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 (telefonia, audio, immagini, grafica);
- 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;
- negli enti e laboratori di ricerca pubblici e privati.

14. Norme transitorie

14.1. Gli studenti iscritti al Corso di laurea quadriennale in Matematica che scelgano di passare al nuovo corso di laurea avranno riconosciuti tutti gli esami già superati al momento del passaggio. Precisamente:

- Ogni esame annuale del primo biennio del corso di laurea quadriennale sarà valutato 15 crediti.
- Ogni esame annuale del secondo biennio del corso di laurea quadriennale sarà valutato 12 crediti.
- Ogni esame semestrale del secondo biennio del corso di laurea quadriennale sarà valutato 6 crediti.
- L'esame consistente nella discussione della *Tesina* sarà valutato 9 crediti e ritenuto equivalente alla *Prova finale* prevista dal nuovo ordinamento.
- La *Prova di lingua inglese* sarà valutata 6 crediti e ritenuta equivalente alla prova di *Lingua inglese* prevista dal nuovo ordinamento.

In questo modo, le attività previste per l'intero corso di laurea quadriennale (esclusa la tesi di laurea) sono complessivamente valutate 219 crediti.

14.2. Per conferire la laurea del nuovo ordinamento a uno studente che provenga dal corso di laurea quadriennale, il Consiglio di corso di studio dovrà verificare che siano soddisfatte le due condizioni seguenti:

- (a) la somma dei crediti complessivamente acquisiti dallo studente, compresi quelli relativi alla *Prova finale* (o alla *Tesina*, ad essa ritenuta equivalente a norma di 13.1), non sia inferiore a 180;
- (b) la distribuzione di questi crediti tra le varie categorie *a, b, c, d, e, f* (descritte nell'articolo 8.2) rispetti lo spirito dei vincoli imposti al riguardo dai decreti ministeriali sulle nuove lauree.

Gli eventuali crediti acquisiti in eccesso (rispetto al minimo richiesto di 180 crediti) potranno essere successivamente riconosciuti per il proseguimento degli studi in vista di una laurea magistrale.

14.3 Gli studenti iscritti al corso di laurea triennale in Matematica dell'Università di Pisa ex legge 509/99 che scelgano di passare al nuovo corso di laurea avranno riconosciuti tutti gli esami già superati al momento del passaggio. Per la precisione, ciascuna attività formativa sarà riconosciuta per l'attività formativa omonima del nuovo ordinamento, permettendo l'acquisizione dei crediti di quest'ultima.

TABELLA 1 ALLEGATA

Piano di studio canonico relativo al Curriculum fondamentale

PRIMO ANNO			
Elementi di analisi matematica		MAT/05	15a
Geometria analitica e algebra lineare		MAT/02-03	15a
<i>Primo semestre</i>		<i>Secondo semestre</i>	
Aritmetica	MAT/02	9a	Fond. di programmazione e lab.
Fisica I	FIS/01-02	9a	
Laboratorio di comunicazione mediante calcolatore		3f	
			Totale 60 crediti

SECONDO ANNO			
<i>Primo semestre</i>		<i>Secondo semestre</i>	
Analisi in più variabili I	MAT/05	6b	Analisi in più variabili II
Strutture algebriche	MAT/02	6b	
Geometria proiettiva	MAT/03	6b	Elementi di probabilità e statistica
Analisi numerica con laboratorio	MAT/08	9b	
			Topologia e analisi complessa
			Attività a scelta dello studente
			Inglese scientifico
			Laboratorio didattico di matematica computazionale
			Totale 60 crediti

TERZO ANNO			
<i>Primo semestre</i>		<i>Secondo semestre</i>	
Fisica II	FIS/01 – FIS/02	6c	Fisica III con laboratorio
Sistemi dinamici	MAT/07	6b	
Modulo caratterizzante “teorico”		6b	Modulo caratterizzante “modell.-appl.”
Attività a scelta dello studente		6d	
			Attività a scelta dello studente
			Prova finale
Laboratorio sperimentale di matematica computazionale	INF/01	6c	
			Totale 60 crediti

Piano di studio canonico relativo al
Curriculum computazionale a orientamento informatico

PRIMO ANNO

Elementi di analisi matematica MAT/05 15a
 Geometria analitica e algebra lineare MAT/02–MAT/03 15a

Primo semestre

Secondo semestre

Aritmetica	MAT/02	9a	Fond. di programmazione e lab.	INF/01	9a
Fisica I	FIS/01–02	9a			
Laboratorio di comunicazione mediante calcolatore		3f			

Totale 60 crediti

SECONDO ANNO

Primo semestre

Secondo semestre

Analisi in più variabili I	MAT/05	6b	Analisi in più variabili II	MAT/05	6b
Strutture algebriche	MAT/02	6b	Elementi di probabilità e statistica	MAT/06	6b
Geometria proiettiva	MAT/03	6b	Topologia e analisi complessa	MAT/03	6b
Analisi numerica con laboratorio	MAT/08	9b	Algoritmi e strutture dati	INF/01	6c
			Inglese scientifico		6e
			Laboratorio didattico di matematica computazionale		3f

Totale 60 crediti

TERZO ANNO

Primo semestre

Secondo semestre

Calcolo scientifico	MAT/08	6b	Linguaggi di programmazione e lab.	INF/01	9c
Sistemi dinamici	MAT/07	6b	Attività a scelta dello studente		6d
Ricerca operativa	MAT/09	6b	Attività a scelta dello studente		6d
Attività a scelta dello studente		6d			
			Prova finale		9e

Laboratorio computazionale INF/01 6c

Totale 60 crediti