



Informazioni

Segreteria didattica: *Sig.ra Laura Filippetti*, tel. 06 72594839

Coordinatore Corso di Laurea: *Prof.ssa Carla Manni*

Sito web: <http://www.mat.uniroma2.it/didattica/>

E-mail: dida@mat.uniroma2.it

Il Corso di Laurea in Matematica si inquadra nella Classe delle Lauree in “Scienze Matematiche” (Classe L-35 del DM 16 marzo 2007). Il Corso afferisce al Dipartimento di Matematica e si svolge nella macroarea di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali. Il Coordinatore del Corso di Studio è la Prof.ssa Carla Manni.

La matematica è la lingua con cui è scritto l’Universo. È la base di tutte le scienze. È da sempre lo strumento più potente per costruire modelli, programmi, progetti. È al centro dell’informatica, dell’utilizzo dei computer e di molte applicazioni tecnologiche. Studiare matematica all’Università non significa passare il tempo a fare calcoli: è tutta un’altra cosa. È impadronirsi di strumenti per comprendere la realtà e interagire con essa. È avere a disposizione concetti, idee, teorie per rivelare la struttura nascosta della natura anche quando è straordinariamente complessa: come in un fiocco di neve o in una bolla di sapone, nei cristalli, nelle onde, nelle piume, nei fiori, nelle nuvole. È non accontentarsi di sapere che una cosa “funziona”, ma cercare di capire perché. La matematica è anche una delle espressioni più creative del pensiero umano: mai come in questa disciplina, per riuscire, è necessario coniugare il rigore logico con la fantasia. In effetti, il lavoro di moltissimi matematici è ispirato non solo da applicazioni immediate ma anche da esigenze interne della teoria, e – non ultimo – da un preciso senso estetico. I numeri primi sono stati studiati senza prevedere che sarebbero stati alla base del più diffuso sistema di trasmissione sicura dei dati attualmente in uso. L’aspetto creativo della matematica stupisce non poche matricole, malgrado il fatto che questa disciplina sia studiata fin dai primissimi anni di scuola.

Emergenza COVID-19

Per fornire un aiuto agli studenti nell’ambito dell’emergenza COVID-19, il Dipartimento di Matematica istituisce:

- **un prestito gratuito di materiale** (computer, webcam, dispositivi per connessione internet, ecc.) da assegnare agli studenti che ne abbiano bisogno per seguire lezioni a distanza ed effettuare esami online in caso di permanenza di tali modalità per la didattica per l’AA 2020/21. Informazioni dettagliate sono reperibili sul sito del corso di Laurea.
- **premi speciali per un totale di 11.000 euro** per tutti gli iscritti nell’AA 2020/21 al Corso di Laurea in Matematica. Detti premi hanno importi variabili a partire da **1000 euro** ciascuno e sono in aggiunta a quelli per studenti meritevoli di seguito menzionati. Informazioni dettagliate sono reperibili sul sito del corso di Laurea.

Per le matricole

Verifica delle conoscenze. Gli studenti interessati ad immatricolarsi al Corso di laurea in Matematica devono sostenere una “**prova di valutazione**” per la verifica delle conoscenze, secondo quanto prevede la normativa. Tale prova (che nel seguito chiameremo anche “**test**”) consiste in domande a risposta multipla su argomenti di base di matematica e viene effettuata online mediante apposito form contestualmente alla procedura di immatricolazione. **Un eventuale mancato superamento del test non preclude l’immatricolazione.** Coloro che non superano il test, come “**obbligo formativo aggiuntivo**”, dovranno superare come prima prova un esame a scelta tra Analisi Matematica 1, Geometria 1 con Elementi di Storia 1 e Algebra 1. Gli obblighi formativi aggiuntivi assegnati devono essere colmati entro il primo anno. Sono esonerati dalla prova di verifica delle conoscenze gli studenti che hanno superato l’esame di stato conclusivo del corso di studio di istruzione secondaria superiore, con un voto pari o superiore a 95/100 (o 57/60). Tutti gli studenti che si immatricolano per la prima volta nell’Università di “Tor Vergata”, ad un corso di studio in cui il titolo di accesso è il diploma di maturità, e abbiano conseguito (presso una scuola italiana) una votazione pari a 100/100 (o 60/60), saranno esonerati dal pagamento del contributo universitario per il primo anno e dovranno pagare soltanto l’imposta di bollo e la tassa regionale.

IMPORTANTE: Gli studenti esonerati dall’obbligo di sostenere il test per la votazione conseguita all’esame di stato dovranno attivare, preliminarmente, la procedura di registrazione sul sito dei Servizi on-line dell’Ateneo come indicato nell’articolo specifico dell’Avviso. Verranno eseguiti, dal personale della Segreteria Studenti dell’Area Scienze, controlli a campione sulla veridicità delle dichiarazioni rese, e se necessario verranno poste in essere le procedure previste dalla normativa vigente in caso di dichiarazione mendace.

Gli studenti che desiderino ripassare alcuni argomenti o colmare alcune lacune possono seguire un **corso intensivo di Matematica di base**, detto **Matematica 0**, che si terrà dal **14 al 25 settembre**.

Tutori. Ad ogni studente immatricolato viene assegnato un docente tutor che potrà essere consultato per consigli e suggerimenti in merito all’andamento delle attività di studio.

Borse di Studio e Premi. Il Dipartimento di Matematica bandisce dei premi di laurea triennale per gli studenti meritevoli che si immatricolano nell’AA. 2020/21. Il bando è consultabile sul sito del corso di Laurea.

Orientamento. Vengono organizzate attività di accoglienza ed orientamento dalla macroarea di Scienze.

Informazioni. Per informazioni sulla didattica, lo studente si può rivolgere alla segreteria del Corso di Laurea, Sig.ra Laura Filippetti, tel. 06 72594839, presso il Dipartimento di Matematica. Le informazioni sono comunque riportate nel sito del corso di Laurea. Ulteriori informazioni si possono anche ottenere per posta elettronica all’indirizzo dida@mat.uniroma2.it.

Presentazione del corso

Il Corso di Laurea offre la possibilità di capire le basi della matematica, di usare gli strumenti informatici e di calcolo, di comprendere e di usare i modelli matematici e statistici in mille possibili applicazioni scientifiche, tecniche ed economiche. La durata del Corso di Laurea è di tre anni.

Il Corso di Laurea in matematica dà una formazione “forte”. Lo studente apprenderà le conoscenze fondamentali e acquisirà i metodi che vengono usati nella matematica (in particolare, nell’algebra, nell’analisi e nella geometria) ma anche le conoscenze necessarie per comprendere e utilizzare l’informatica e la fisica, per costruire modelli di fenomeni complessi (per esempio, l’andamento del prezzo di alcune azioni in Borsa o l’evolversi di un’epidemia) e per affrontare le simulazioni numeriche che sono alla base di ogni applicazione tecnologica e sociale.

I tre anni di studio di matematica a Tor Vergata prevedono un biennio uguale per tutti ma, all'ultimo anno, si ha la possibilità di scegliere alcuni corsi opzionali. Agli studenti vengono offerte anche attività esterne come stage presso aziende, strutture della pubblica amministrazione e laboratori, nonché soggiorni presso università straniere nell'ambito del programma Erasmus.

Studiare matematica a Tor Vergata significa poter frequentare un corso di studi completo (laurea triennale in matematica, magistrale in matematica pura ed applicata e scuola di dottorato), ove tutti i settori della ricerca, dai più tradizionali ai più recenti, sono rappresentati. Inoltre, qui si ha la possibilità di interagire con gruppi di ricerca di punta a livello nazionale e internazionale. Le indagini sulla ricerca nell'area matematica svolte dal Ministero per l'Università e da Enti stranieri indicano il Dipartimento di Matematica di Tor Vergata come dipartimento di eccellenza in Italia e centro di eccellenza a livello europeo.

Sbocchi lavorativi

Una laurea in matematica permette non solo di avviarsi verso una carriera di ricercatore o di insegnante, continuando gli studi, ma anche e soprattutto di entrare direttamente nel mondo del lavoro in moltissimi settori, dalla finanza all'informatica, dalla medicina all'ingegneria, dalle scienze sociali alla produzione alimentare. Ovunque ci sia bisogno di costruire dei modelli che funzionino, c'è bisogno di un matematico. Fino a pochi anni fa, per molte professioni era sufficiente una formazione matematica abbastanza sommaria ma oggi l'avvento dei computer ha reso utilizzabili in pratica molte teorie avanzate che solo ieri sembravano troppo complicate ed astratte per essere di qualche utilità. Chi è in grado di avvalersi di queste nuove possibilità va avanti; gli altri, invece, restano indietro e perdono competitività. Per questo ci sono molti ambiti professionali nei quali è diventato indispensabile inserire un matematico nell'equipe. Il matematico si affianca all'ingegnere ad esempio per la costruzione delle nuove barche per le regate internazionali oppure per la progettazione di protocolli di trasmissione per le telecomunicazioni o le realizzazioni relative alla robotica ed alla domotica ed in generale all'industria 4.0 Si affianca al biologo che studia il sequenziamento del DNA umano ed al climatologo che analizza i cambiamenti climatici. La sua presenza è fondamentale negli uffici analisi delle grandi banche, dove è necessario sviluppare modelli complessi per la valutazione dei rischi e la determinazione dei prezzi dei derivati finanziari. Tutto questo è ampiamente documentato in una recente analisi dei diversi impieghi ad alto livello dei laureati in Matematica in Italia. L'applicazione della matematica è poi particolarmente evidente nel campo informatico: i computer di domani (e tutto il mondo complesso del trasferimento dell'informazione) nascono dalla ricerca matematica di oggi. Con un curioso rapporto: da una parte, le conoscenze matematiche portano allo sviluppo dell'informatica, dall'altro il computer, aumentando la sua potenza di calcolo, consente l'uso di nuovi strumenti matematici per la soluzione di problemi complessi in ogni settore della conoscenza umana. Non c'è dunque da meravigliarsi se diciamo che i matematici sono una grande comunità internazionale, collaborano molto tra loro e danno vita a gruppi di ricerca di altissimo livello. Una comunità di cui si fa parte con enorme piacere e in cui c'è largo spazio per i giovani che con le loro idee innovative hanno da sempre dato un impulso decisivo allo sviluppo di questa disciplina.

Descrittori di Dublino

I Descrittori di Dublino di seguito riportati sono enunciazioni generali dei tipici risultati conseguiti dagli studenti che hanno ottenuto il titolo dopo aver completato con successo il ciclo di studio. Gli obiettivi formativi dei corsi di Laurea Triennale (e Magistrale) sono impostati in base ad essi.

Abilità comunicative. I laureati in matematica sono in grado di:

- comunicare problemi, idee e soluzioni riguardanti la 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;
- lavorare in gruppo e di operare con definiti gradi di autonomia.

Gli strumenti didattici utilizzati per l'acquisizione di queste competenze sono soprattutto le esercitazioni e l'attività tutoriale, volte a sviluppare l'esposizione sia scritta che orale, ma anche specifici insegnamenti di lingua inglese, nonché l'assistenza didattica offerta per la preparazione della prova finale.

L'acquisizione di tali risultati viene verificata in sede d'esame, ivi inclusa la prova finale.

Capacità di apprendimento. I laureati in matematica:

- sono in grado di proseguire gli studi, sia in matematica che in altre discipline, con un alto grado di autonomia;
- hanno una mentalità flessibile e si adattano facilmente a nuove problematiche, caratteristiche indispensabili per inserirsi prontamente negli ambienti di lavoro.

Queste capacità vengono sviluppate mantenendo un adeguato livello di astrazione degli insegnamenti impartiti e curando l'allenamento alla risoluzione di problemi nel lavoro sia individuale che di gruppo, attraverso l'organizzazione delle esercitazioni, l'attività tutoriale e la preparazione alla prova finale.

La loro verifica ha luogo in sede d'esame, ivi inclusa la prova finale.

Autonomia di giudizio. I laureati in matematica:

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

I principali strumenti didattici per l'acquisizione di queste competenze, per loro natura trasversali, sono:

- l'elevato livello di rigore degli insegnamenti relativi ai crediti formativi di base;
- l'allenamento alla modellizzazione acquisito attraverso crediti formativi di base, caratterizzanti e affini, quali ad esempio quelli relativi ai settori MAT/06, MAT/07, MAT/08, FIS/01;
- l'attività tutoriale e di laboratorio.

L'acquisizione di tali risultati viene verificata in sede d'esame.

Conoscenza e comprensione. I laureati in matematica sono capaci di leggere e comprendere testi anche avanzati di matematica, e di consultare articoli di ricerca in matematica.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione. La formazione in ambito teorico assicura che i laureati in matematica sono in grado di:

- produrre dimostrazioni rigorose di risultati matematici non identici a quelli già conosciuti ma chiaramente correlati a essi;
- risolvere problemi di moderata difficoltà in diversi campi della matematica.

Ordinamento degli Studi - Laurea Triennale

Sul sito web del Corso di Laurea si trova il Regolamento che con i suoi articoli disciplina e specifica gli aspetti organizzativi del Corso di Laurea.

Piano di studio

Nelle tabelle successive la sigla CFU indica i crediti formativi universitari. Ogni CFU vale, convenzionalmente, 25 ore di lavoro (comprendendo le ore di lezione, di esercitazione e il lavoro individuale). Per i nostri insegnamenti, 1 CFU corrisponde al lavoro necessario per seguire e comprendere 8/10 ore di lezione. Come indicato nel seguito (vedi la descrizione della prova finale), alla fine del corso di studi la media viene calcolata pesando i voti con il numero di CFU del corso a cui si riferiscono. In altre parole, i corsi con molti CFU richiedono più lavoro, ma un buon voto in uno di essi conta di

più alla fine. La quantità media di impegno complessivo di apprendimento svolto in un anno da uno studente è convenzionalmente fissata in 60 CFU. Per potersi laureare lo studente dovrà maturare almeno 180 crediti (compresa la prova finale).

Schema del piano di studio

1° ANNO: Tot. 59 CFU / 6 esami + una prova di idoneità				
Insegnamento	CFU	Semestre	Settore	Tipo
Algebra 1	8	1	MAT/02	B
Analisi Matematica 1	9	1	MAT/05	B
Geometria 1 con Elementi di Storia 1	9	1	MAT/03	B
Inglese	4	1	L-LIN/12	
Analisi Matematica 2	9	2	MAT/05	C
Geometria 2 con Elementi di Storia 2	10	2	MAT/03	C
Laboratorio di Programmazione e Informatica 1	6+4	2	INF/01	B/A

2° ANNO: Tot. 60 CFU / 8 esami				
Insegnamento	CFU	Semestre	Settore	Tipo
Algebra 2	7	1	MAT/02	C
Analisi Matematica 3	6	1	MAT/05	B
Fisica 1	9	1	FIS/01	B
Geometria 3	7	1	MAT/03	C
Analisi Matematica 4	7	2	MAT/05	C
Fisica Matematica 1	8	2	MAT/07	C
Geometria 4	7	2	MAT/03	C
Probabilità e Statistica	9	2	MAT/06	C

3° ANNO: Tot. 61 CFU / 6 esami				
Insegnamento	CFU	Semestre	Settore	Tipo
Analisi Reale e Complessa	8	1	MAT/05	C
Analisi Numerica 1 + Laboratorio di Calcolo 2	8+4	1	MAT/08 + INF/01	C/A
Fisica 2 + Laboratorio di Sperimentazione di Fisica	7+3	1	FIS/01	A
Fisica Matematica 2	8	2	MAT/07	C
Esame di indirizzo (affini e integrativi)	6	-	-	-
Esami a scelta	12	-	-	-
Prova finale	5	-	-	-

B=attività di base, C=attività caratterizzanti, A=attività affini

NOTA. Oltre ai corsi obbligatori, ogni studente deve inserire nel proprio piano di studi un corso a scelta (6 CFU) nei settori MAT/01-09 e INF/01 e corsi a libera scelta per un totale di 12 CFU. Alla prova finale sono riservati 5 CFU (maturabili con l'esame di cultura o con la redazione di una tesina). Ogni anno viene attivato un insegnamento di preparazione all'esame di cultura, necessario per gli studenti che scelgono questa modalità di prova finale.

Didattica erogata: elenco degli insegnamenti attivati nell'A.A. 2020/21

1° ANNO (DM 270/04)				
Insegnamento	CFU	Semestre	Settore	Obbl/Opz
Algebra 1	8	1	MAT/02	obbligatorio
Analisi Matematica 1	9	1	MAT/05	obbligatorio
Geometria 1 con Elementi di Storia 1	9	1	MAT/03	obbligatorio
Inglese	4	1	L-LIN/12	obbligatorio
Analisi Matematica 2	9	2	MAT/05	obbligatorio
Geometria 2 con Elementi di Storia 2	10	2	MAT/03	obbligatorio
Laboratorio di Programmazione e Informatica 1	6+4	2	INF/01	obbligatorio

2° ANNO (DM 270/04)				
Insegnamento	CFU	Semestre	Settore	Obbl/Opz
Algebra 2	7	1	MAT/02	obbligatorio
Analisi Matematica 3	6	1	MAT/05	obbligatorio
Fisica 1	9	1	FIS/01	obbligatorio
Geometria 3	7	1	MAT/03	obbligatorio
Analisi Matematica 4	7	2	MAT/05	obbligatorio
Fisica Matematica 1	8	2	MAT/07	obbligatorio
Geometria 4	7	2	MAT/03	obbligatorio
Probabilità e Statistica	9	2	MAT/06	obbligatorio

3° ANNO (DM 270/04)				
Insegnamento	CFU	Semestre	Settore	Obbl/Opz
Algebra 3	6	1	MAT/02	opzionale
Analisi Numerica 1 + Laboratorio di Calcolo 2	8+4	1	MAT/08 + INF/01	obbligatorio
Analisi Reale e Complessa	8	1	MAT/05	obbligatorio
Crittografia	6	1	MAT/03	opzionale
Fisica 2 + Laboratorio di Sperimentazione di Fisica	7+3	1	FIS/01	obbligatorio
Probabilità e Finanza	6	1	MAT/06	opzionale
Analisi Matematica 5	6	2	MAT/05	opzionale
Analisi Matematica 6	6	2	MAT/05	opzionale
Analisi Numerica 2	6	2	MAT/08	opzionale
Fisica Matematica 2	8	2	MAT/07	obbligatorio
Fondamenti di Programmazione: Metodi Evoluti	6	2	INF/01	opzionale
Geometria 5	6	2	MAT/03	opzionale
Statistica	6	2	MAT/06	opzionale

*L'insegnamento di Analisi Matematica 6 è mutuato da Fondamenti di Analisi Matematica della Laurea Magistrale in Fisica (Prof. Morsella) e può essere inserito nel piano di studio solamente tra le attività a libera scelta dello studente.

NOTA. Per i corsi di Laboratorio di Programmazione e Informatica 1, Analisi Numerica 1 + Laboratorio di Calcolo 2 e Fisica 2 + Laboratorio di Sperimentazione di Fisica è previsto un unico esame finale con votazione complessiva unica.

Didattica programmata: insegnamenti per gli studenti che si immatricolano nell’A.A. 2020/21

1° ANNO (DM 270/04)				
Insegnamento	CFU	Semestre	Settore	Obbl/Opz
Algebra 1	8	1	MAT/02	obbligatorio
Analisi Matematica 1	9	1	MAT/05	obbligatorio
Geometria 1 con Elementi di Storia 1	9	1	MAT/03	obbligatorio
Inglese	4	1	L-LIN/12	obbligatorio
Analisi Matematica 2	9	2	MAT/05	obbligatorio
Geometria 2 con Elementi di Storia 2	10	2	MAT/03	obbligatorio
Laboratorio di Programmazione e Informatica 1	6+4	2	INF/01	obbligatorio

2° ANNO (DM 270/04)				
Insegnamento	CFU	Semestre	Settore	Obbl/Opz
Algebra 2	7	1	MAT/02	obbligatorio
Analisi Matematica 3	6	1	MAT/05	obbligatorio
Fisica 1	9	1	FIS/01	obbligatorio
Geometria 3	7	1	MAT/03	obbligatorio
Analisi Matematica 4	7	2	MAT/05	obbligatorio
Fisica Matematica 1	8	2	MAT/07	obbligatorio
Geometria 4	7	2	MAT/03	obbligatorio
Probabilità e Statistica	9	2	MAT/06	obbligatorio

3° ANNO (DM 270/04)				
Insegnamento	CFU	Semestre	Settore	Obbl/Opz
Algebra 3	6	1	MAT/02	opzionale
Analisi Numerica 1 + Laboratorio di Calcolo 2	8+4	1	MAT/08 + INF/01	obbligatorio
Analisi Reale e Complessa	8	1	MAT/05	obbligatorio
Crittografia	6	1	MAT/03	opzionale
Fisica 2 + Laboratorio di Sperimentazione di Fisica	7+3	1	FIS/01	obbligatorio
Probabilità e Finanza	6	1	MAT/06	opzionale
Analisi Matematica 5	6	2	MAT/05	opzionale
Analisi Matematica 6	6	2	MAT/05	opzionale
Analisi Numerica 2	6	2	MAT/08	opzionale
Fisica Matematica 2	8	2	MAT/07	obbligatorio
Fondamenti di Programmazione: Metodi Evoluti	6	2	INF/01	opzionale
Geometria 5	6	2	MAT/03	opzionale
Statistica	6	2	MAT/06	opzionale

Calendario 2020/2021

I corsi hanno durata semestrale. I corsi del primo semestre si terranno dal 28 settembre 2020 al 15 gennaio 2021. Le lezioni del secondo semestre dall' 8 marzo 2021 all' 11 giugno 2021. I corsi del primo semestre del primo anno avranno una settimana di interruzione delle lezioni dal 23 novembre al 27 novembre 2020. Durante questa settimana si svolgeranno eventuali prove di esonero. Il 17 settembre 2020 alle ore 10.00, in modalità telematica sulla piattaforma Teams, si terrà un incontro con gli studenti del terzo anno nel quale i docenti illustreranno brevemente i programmi dei corsi opzionali.

Frequentare le lezioni è considerata una strategia efficace per un percorso formativo di qualità. Permette di conoscere più a fondo gli argomenti trattati e favorisce occasioni di scambio e relazione con i docenti e con i compagni di corso. La vicinanza e il confronto con gli altri consentono, infatti, di reperire informazioni mancanti, correggere i propri errori. Ci si rende conto che non si è soli a sperimentare delle difficoltà e si ha la possibilità di mettere in comune le proprie conoscenze. Partecipare attivamente alla vita universitaria significa anche cogliere le altre opportunità offerte dall'Ateneo: convegni, seminari, giornate di studio, assemblee studentesche, eventi di divulgazione, ecc. aperti agli studenti. Queste sono occasioni per approfondire temi e contenuti, dare il proprio contributo, confrontarsi con persone provenienti da ambiti diversi, oltre che per ampliare i propri orizzonti culturali e la propria vita sociale, rendendo in tal modo più ricco e stimolante il percorso di studi. Dunque la frequenza delle lezioni e la partecipazione ad eventi ed attività extra curricolari può essere un buon modo per creare nuovi gruppi all'interno dell'Università.

Docenti tutor

Ad ogni studente immatricolato viene assegnato un docente tutor che potrà essere consultato per consigli e suggerimenti generali in merito all'andamento delle attività di studio. Al terzo anno ogni studente ha la possibilità di sostituire il tutor assegnatogli con un diverso docente che lo possa guidare nella scelta dei corsi opzionali a seconda delle proprie inclinazioni. Tutti i docenti dei corsi hanno un orario di ricevimento settimanale per eventuali chiarimenti da parte degli studenti sulla materia insegnata. Il contatto con i professori universitari è improntato su modalità differenti rispetto alla scuola: lo studente dovrà farsi avanti in prima persona se occorre un chiarimento o un consiglio. Se se ne avverte la necessità ci sono sempre tempi e luoghi di contatto sia a lezione sia negli orari di ricevimento. Sul sito web del Corso di Studio, nella sezione tutoring, si potrà consultare l'elenco studenti – docenti tutor.

Esami

Gli insegnamenti del primo semestre prevedono due appelli di esame nella sessione estiva anticipata (febbraio), due appelli nella sessione estiva (giugno-luglio) e due appelli in quella autunnale (settembre). I corsi del secondo semestre prevedono due appelli d'esame nella sessione estiva, due in quella autunnale e due in quella invernale (febbraio). Il calendario degli esami è pubblicato nella sezione apposita del sito web del Corso di Studio. Lo studio universitario ha caratteristiche differenti da quello delle superiori. Le insicurezze collegate alla preparazione personale si attenuano notevolmente dopo aver avuto la possibilità di sostenere con successo i primi esami e proprio per questo è consigliabile iniziare sempre da qualche materia per cui ci si sente molto preparati. Esiste tuttavia una certezza incrollabile: nessun metodo di studio può garantire buoni risultati senza che lo studente ci dedichi tempo e impegno. Si può rendere l'apprendimento più organico, duraturo e appagante, ma nessun sistema può produrre risultati istantanei e senza sforzo.

Insegnamenti

L'elenco completo degli insegnamenti erogati è disponibile nella sezione insegnamenti del sito web del Corso di Studio. Gli insegnamenti sono sviluppati con contenuti e con ritmi didattici mirati ad

assicurare un adeguato apprendimento in relazione al numero di ore di studio previsto per ciascun insegnamento. La frequenza ai corsi non è obbligatoria, ma la frequenza facilita l'apprendimento della materia. Per quanto riguarda i laboratori, la verifica di profitto avviene sulla base del lavoro svolto in aula, quindi la frequenza risulta necessaria. In caso di comprovata impossibilità a frequentare il laboratorio (per esempio nel caso di studenti lavoratori) possono essere concordate con i docenti responsabili altre forme di accertamento. Ai fini di aggiornamento professionale e/o di arricchimento culturale o di integrazione curricolare, il Consiglio ogni anno stabilisce un elenco di corsi fruibili da:

- studenti iscritti ad università estere, o ad altre università italiane (previa autorizzazione dell'università frequentata o in attuazione di appositi accordi);
- laureati o soggetti comunque in possesso del titolo di studio previsto per l'immatricolazione ai corsi di laurea dell'Ateneo.

Gli studenti che rientrano nelle tipologie sopra indicate (previa iscrizione al singolo corso) potranno sostenere il relativo esame di profitto e riceverne formale attestazione. A partire dall'anno accademico 2008/09, gli studenti che vogliono usufruire della norma prevista dall'art. 6 del R.D. 1269/38 (la quale stabilisce che "Lo studente, oltre agli insegnamenti fondamentali ed al numero di insegnamenti complementari obbligatori per il conseguimento della laurea cui aspira, può iscriversi a qualsiasi altro insegnamento complementare del proprio Corso di Laurea e, per ciascun anno, a non più di due insegnamenti di altri corsi di laurea nella stessa Università") dovranno aver conseguito in precedenza almeno 20 CFU nei settori MAT/01-09. Gli interessati dovranno presentare domanda al Coordinatore del Corso di Laurea allegando il proprio piano di studi sul quale il Consiglio di Dipartimento sarà chiamato a dare un parere.

Piani di studio

Entro il mese di novembre, gli studenti iscritti al terzo anno devono presentare al Coordinatore del Corso di Laurea un piano di studio, in cui indicano le proprie scelte relativamente alla parte opzionale del corso di studi. Il Coordinatore del Corso di Laurea sottopone i piani di studio all'approvazione del Consiglio del Dipartimento di Matematica. Gli studenti possono eventualmente apportare modifiche al piano di studio. In tal caso, devono sottoporre un nuovo piano di studio e richiederne l'approvazione.

Sul sito web del Corso di Studio, nella sezione piani di studio, si possono leggere le istruzioni per la compilazione e presentazione del piano di studio. Si ricorda che lo schema di piano di studio riportato sul sito consente di accumulare i crediti necessari per laurearsi con non più di 20 verifiche di profitto (ovvero 19 esami più la parte a scelta del piano di studio) come previsto dal DM 270/04.

Prova finale

La prova finale per il conseguimento della Laurea in Matematica è, di norma, scelta dallo studente tra due tipi di prove, e cioè una tesina o un esame di cultura matematica.

- *Esame di cultura*: questo tipo di prova richiede il superamento di un esame scritto su argomenti di base appresi durante il corso di studi, che metta in risalto la comprensione e la capacità d'uso, da parte dello studente, del carattere interdisciplinare di tali nozioni. Lo svolgimento della prova scritta viene curato dalla commissione di laurea, con la quale lo studente discuterà il proprio elaborato nella seduta di laurea. Per agevolare il compito dello studente che sceglie questo tipo di prova finale, viene fornito un apposito corso di Preparazione all'Esame di Cultura (PEC) che sarà tenuto nel secondo semestre. Questa scelta è particolarmente indicata per chi intende proseguire gli studi con la Laurea Magistrale.
- *Tesina*: questo tipo di prova richiede, da parte dello studente, l'approfondimento di un argomento affine al contenuto di un corso presente nel proprio piano di studio ed è consigliato, in particolare, agli studenti che intendano cercare un lavoro subito dopo la laurea. L'argomento oggetto della tesi deve essere concordato con il docente del corso di riferimento, nonché con un docente scelto dallo

studente, che può essere anche lo stesso che ha tenuto il corso e che svolge le funzioni di relatore. L'elaborato prodotto dallo studente viene quindi discusso e valutato nella seduta di laurea.

Dettagli sulle modalità, le regole ed altre informazioni sulla prova finale possono essere trovate nella sezione sedute di laurea del sito web del Corso di Studio.

Modalità diverse di prova finale possono essere autorizzate dal Consiglio del Dipartimento di Matematica, sulla base di una richiesta motivata. In particolare, in relazione a obiettivi specifici, possono essere previste attività esterne, come tirocini formativi presso aziende, strutture della pubblica amministrazione e laboratori, eventualmente in ambito internazionale. In ogni caso, lo studente deve realizzare un documento scritto (eventualmente in una lingua diversa dall'italiano) e sostenere una prova orale. La discussione della prova finale avviene in seduta pubblica davanti a una commissione di docenti che esprime la valutazione complessiva in centodecimi, eventualmente attribuendo la lode.

Trasferimenti

Gli studenti che si trasferiscono al Corso di Laurea in Matematica provenendo da altri Corsi di Studi possono chiedere il riconoscimento dei crediti relativi ad esami sostenuti nel corso di studi d'origine. Il Consiglio del Dipartimento di Matematica valuterà di volta in volta le singole richieste. Sul sito web del Corso di Studio, nella sezione trasferimenti, si possono leggere le istruzioni per ottenere un parere preventivo su eventuali convalide di esami sostenuti in precedenti corsi di laurea di provenienza. Gli studenti che si trasferiscono da altri corsi di studio devono sostenere il test di valutazione. Per poter essere esonerati dal sostenerlo devono aver maturato crediti del settore MAT nel corso di studio di provenienza. In tal caso, è sufficiente riempire il modulo reperibile sul sito web del Corso di Studio nella pagina della Laurea Triennale alla voce immatricolazioni, che dovrà essere inviato in formato elettronico a dida@mat.uniroma2.it e consegnato in versione cartacea, debitamente firmato, presso la segreteria del Corso di Laurea in Matematica (Sig.ra Laura Filippetti).

Programma dei corsi

ALGEBRA 1

1° anno – 1° semestre

8 CFU – settore MAT/02 – 80 ore di lezione in aula – il corso prevede ulteriori ore di tutorato

Prof. F. Gavarini (codocente Prof.ssa M. Lanini)

 **Programma:** Il linguaggio degli insiemi. Teoria elementare dei numeri. La teoria dei gruppi, anelli e campi.

Obiettivi di apprendimento: Familiarizzare con i concetti di base dell'algebra, quali gruppi, anelli e campi. Preparazione per il corso di Algebra 2.

Testi consigliati:

G. M. Piacentini Cattaneo: *Algebra - un approccio algoritmico*, Zanichelli, 1996

G. Campanella: *Appunti di Algebra 1*, dispense disponibili on-line

Modalità di esame: Prova scritta e orale.

 **Program:** The language of sets. Elementary number theory. The theory of groups, rings and fields.

Learning objectives: Familiarize with the basic concepts of algebra, like groups, rings and fields.

Text books:

G. M. Piacentini Cattaneo: *Algebra - un approccio algoritmico*, Zanichelli, 1996

G. Campanella: *Appunti di Algebra 1*, pdf notes free downloadable from the web

Exam mode: Written and oral exam.

ALGEBRA 2

2° anno – 1° semestre

7 CFU – settore MAT/02 – 70 ore di lezione in aula – il corso prevede ulteriori ore di tutorato

Prof. R. Schoof (codocente Prof. Gavarini)

■ **Programma:** La teoria dei gruppi, anelli e campi.

Obiettivi di apprendimento: Familiarizzare con i concetti di base dell'algebra, quali gruppi, anelli e campi.

Testi consigliati:

R. Schoof, B. Van Geemen: *Dispense di Algebra*, dispense disponibili on-line

Modalità di esame: Prova scritta.

🇬🇧 **Program:** The theory of groups, rings and fields.

Learning objectives: Familiarize with the basic concepts of algebra, like groups, rings and fields.

Text books:

R. Schoof, B. Van Geemen: *Dispense di Algebra*, pdf notes free downloadable from the web

Exam mode: Written exam.

ALGEBRA 3

3° anno – 1° semestre

6 CFU – settore MAT/02 – 48 ore di lezione in aula

Prof.ssa M. Lanini

■ **Programma:** Il corso sarà articolato in due parti: la prima parte verterà primariamente su teoria delle categorie, mentre nella seconda applicheremo il linguaggio delle categorie allo studio di moduli ed algebre su un anello commutativo unitario ed eventualmente ad un'introduzione alla teoria delle rappresentazioni.

Obiettivi di apprendimento: Lo scopo dell'insegnamento di Algebra 3 è quello di offrire gli strumenti necessari per uno studio più approfondito di tematiche algebriche e competenze utili per i successivi corsi di algebra e geometria. Inoltre, i testi consigliati sono in inglese al fine di abituare gli studenti all'uso di lingue diverse dall'italiano in ambito scientifico.

Testi consigliati:

M. F. Atiyah, I. G. MacDonald: *Introduction to Commutative Algebra*, Addison Wesley, 1969

S. Lang: *Algebra*, Springer-Verlag, 2002

S. Mac Lane: *Categories for the Working Mathematician*, Springer, 1971

Modalità di esame: Il raggiungimento degli obiettivi è accertato mediante una prova orale finale.

🇬🇧 **Program:** The course will consist in two parts: the first one will focus on category theory, while in the second one we will study modules and algebras (over a commutative, unital ring), as well as give an introduction to representation theory, via a categorical approach.

Learning objectives: The course aims to provide the students with the right tools to approach deep algebraic topics and the necessary background for more advanced courses in Algebra and Geometry. Moreover, the suggested bibliography in English will help them to develop a good understanding of scientific literature in a foreign language.

Text books:

M. F. Atiyah, I. G. MacDonald: *Introduction to Commutative Algebra*, Addison Wesley, 1969

S. Lang: *Algebra*, Springer-Verlag, 2002

S. Mac Lane: *Categories for the Working Mathematician*, Springer, 1971

Exam mode: There will be a final, oral exam at the end of the course.

ANALISI MATEMATICA 1

1° anno – 1° semestre

9 CFU – settore MAT/05 – 90 ore di lezione in aula – il corso prevede ulteriori ore di tutorato

Prof. M. Bertsch (codocente Prof. D. Guido)

■ **Programma:** Numeri reali, approccio assiomatico. Numeri naturali e principio di induzione. Numeri interi relativi e numeri razionali. Numerabilità di \mathbb{Z} e \mathbb{Q} e non-numerabilità di \mathbb{R} . Topologia della retta reale. Estremo superiore e inferiore. Teorema di Bolzano-Weierstrass. Successioni: limiti di successioni, principali teoremi sui limiti, il numero e . Funzioni reali di una variabile: funzioni elementari, limiti di funzioni e studio di alcuni limiti notevoli, limite superiore e limite inferiore. Insiemi compatti. Proprietà fondamentali delle funzioni continue. Teorema di Weierstrass e teorema dei valori intermedi. Continuità uniforme. Calcolo differenziale: definizione di derivata e prime proprietà. Teoremi di Fermat, di Rolle, di Lagrange e di Cauchy. Teoremi di de l'Hopital. Funzioni convesse e loro principali proprietà. Polinomi di Taylor e le loro applicazioni. Successioni ricorsive.

Obiettivi di apprendimento: Il corso si propone di illustrare alcuni concetti base del calcolo in una variabile, con l'esclusione del calcolo integrale. L'obiettivo è quello di rendere lo studente capace di elaborare tali concetti in maniera critica e di acquisire le conoscenze necessarie per risolvere con rigore i problemi proposti.

Testi consigliati:

L. Chierchia: *Corso di analisi. Prima parte. Una introduzione rigorosa all'analisi matematica su \mathbb{R}* , McGraw-Hill, 2019

Modalità di esame: La prova scritta consiste nella risoluzione di esercizi. La prova scritta può essere sostituita da due prove in itinere (esoneri). Chi ha superato la prova scritta è ammesso alla prova orale, principalmente dedicata alla teoria.

🇬🇧 **Program:** Real numbers: axiomatic approach. Natural numbers and induction. Integer, rational and real numbers. \mathbb{Z} and \mathbb{Q} are countable, \mathbb{R} is not. Topology of the real line, supremum and infimum. Bolzano-Weierstrass Theorem. Sequences, their limits and main results, the number e . Functions of one variable: elementary functions, limits of functions, limsup and liminf. Compact sets. Main properties of continuous functions. The Weierstrass theorem and intermediate value theorem. Uniform continuity. Differential calculus: the notion of derivative and its basic properties. Theorems of Fermat, Rolle, Lagrange and Cauchy. The de l'Hopital theorem. Convex functions and their properties. Taylor polynomials and their applications. Recursive sequences.

Learning objectives: The course is meant to supply the basic concepts of calculus in one variable, with the exception of integral calculus. The goal is to make the student able to elaborate such concepts critically and have the know how to solve rigorously the proposed problems.

Text books: The teacher will supply all necessary material to foreign students.

Exam mode: During the written exam the student should solve various exercises. The written exam can be replaced by two partial exams during the course. The students who have passed the written exam are admitted to the oral exam, mainly dedicated to theory.

ANALISI MATEMATICA 2

1° anno – 2° semestre

9 CFU – settore MAT/05 – 90 ore di lezione in aula – il corso prevede ulteriori ore di tutorato

Dott. E. Callegari (codocente Dott. F. Ciolli)

■ **Programma:** Numeri complessi. Integrazione secondo Riemann. Teorema fondamentale del calcolo integrale. Metodi di integrazione. Integrali impropri. Serie numeriche reali e complesse. Serie di potenze e di Taylor. Equazioni differenziali a variabili separabili. Equazioni differenziali lineari del primo ordine. Equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti. Elementi di topologia di \mathbb{R}^n . Limiti e continuità per funzioni di più variabili a valori scalari o vettoriali. Calcolo differenziale per funzioni di più variabili reali scalari e vettoriali: derivate parziali e direzionali, differenziabilità, condizioni necessarie e condizioni sufficienti di differenziabilità. Gradiente e matrice jacobiana. Differenziale delle funzioni composte.

Obiettivi di apprendimento: Il corso si propone di illustrare alcuni argomenti di base del calcolo differenziale (in \mathbb{R}^n) e integrale (in \mathbb{R}). L'obiettivo è quello di rendere lo studente capace di elaborare i concetti in maniera critica e di acquisire le conoscenze e la confidenza necessarie per risolvere con rigore i problemi proposti

Testi consigliati:

L. Chierchia: *Corso di analisi, prima parte*, Mc Graw Hill, 2019

N. Fusco, P. Marcellini, C. Sbordone: *Lezioni di Analisi Matematica Due*, Zanichelli, 2020

Modalità di esame: Prova scritta e prova orale.

Bibliografia di riferimento: Sito docente.

 **Program:** Complex numbers. Riemann's integral. The Fundamental Theorem of Calculus. Integration techniques. Improper integrals. Real and complex infinite series and convergence criteria. Power Series. Taylor's Series. First-Order ordinary differential equation. Linear ordinary differential equations with constant coefficients. Separable differential equations. Limits and continuity for scalar and vector valued functions of several real variables. Differential calculus for scalar and vector valued functions of several real variables: partial and directional derivatives, differentiability and differential of a function, necessary and sufficient conditions for differentiability. Gradient and Jacobian matrix of a map. Differential of a composite function, chain rule for the derivatives.

Learning objectives: The course unit aims to introduce the basic concepts of differential (in \mathbb{R}^n) and integral (in \mathbb{R}) calculus. The main goal is to make the student an independent learner and to gain the knowledge and the confidence necessary to solve the proposed problems rigorously.

Text books:

L. Chierchia: *Corso di analisi, prima parte*, Mc Graw Hill, 2019

N. Fusco, P. Marcellini, C. Sbordone: *Lezioni di Analisi Matematica Due*, Zanichelli, 2020

Exam mode: Written exam and oral discussion.

Reference bibliography: Professor's webpage.

ANALISI MATEMATICA 3

2° anno – 1° semestre

6 CFU – settore MAT/05 – 60 ore di lezione in aula – il corso prevede ulteriori ore di tutorato

Prof. A. Sorrentino (codocente Dott. P. Roselli)

 **Programma:** Spazi metrici e normati e le loro proprietà topologiche. Completezza, connessione e compattezza e proprietà relative. Teorema delle contrazioni in uno spazio metrico completo. Caratterizzazione degli spazi metrici compatti. Successioni di funzioni. Convergenza puntuale e uniforme e relazioni con continuità, derivata e integrale. Teorema di Ascoli-Arzelà. Serie di funzioni. Generalità sulle serie di funzioni. Convergenza puntuale, convergenza uniforme e relazioni con continuità, derivata e integrale. Convergenza totale. Criterio di Cauchy sulla convergenza uniforme di successioni e di serie di funzioni. Serie di potenze, insieme di convergenza e raggio di convergenza. Teorema di Abel. Funzioni analitiche. Calcolo differenziale per funzioni di più variabili reali scalari e vettoriali: derivate parziali e direzionali, differenziabilità, condizioni necessarie e condizioni sufficienti di differenziabilità. Gradiente e matrice jacobiana. Differenziale delle funzioni composte. Derivate successive, teorema di Schwarz. Richiami sulle forme quadratiche in \mathbb{R}^n . Formula di Taylor per funzioni di più variabili con resto in forma di Peano o di Lagrange. Massimi e minimi liberi per funzioni scalari di più variabili, criteri basati sul segno della matrice Hessiana. Curve in \mathbb{R}^n , lunghezza di una curva, parametrizzazione naturale. Integrali curvilinei di prima specie o rispetto alla lunghezza d' arco. Cenni sulla curvatura con e senza segno di curve piane e nello spazio. Campi vettoriali, forme differenziali e loro integrali curvilinei di seconda specie. Forme chiuse ed esatte e loro relazioni, insiemi semplicemente connessi, invarianza per omotopia degli integrali curvilinei di forme chiuse. Introduzione alle superfici in \mathbb{R}^n . Porzioni di superfici regolari. Piano tangente e versore normale. Superfici cartesiane e superfici di rotazione. Teorema di Dini della funzioni implicite in due dimensioni. Teorema delle funzioni implicite nel caso generale. Teorema della funzione inversa, invertibilità locale e globale. Introduzione alla nozione di sottovarietà differenziabile in \mathbb{R}^n , equivalenza delle diverse definizioni, spazio tangente e normale. Punti di estremo vincolato di una funzione. Metodo dei moltiplicatori di Lagrange per la ricerca dei punti di estremo vincolato.

Obiettivi di apprendimento: Acquisire conoscenze teoriche di base su spazi metrici, calcolo differenziale in più variabili, curve ed integrali curvilinei, serie di funzioni ed analisi di Fourier; rendere lo studente capace di elaborare i concetti in maniera critica; sviluppare le competenze computazionali necessarie per risolvere con rigore i problemi proposti.

Testi consigliati:

N. Fusco, P. Marcellini, C. Sbordone: *Lezioni di Analisi matematica due*, Zanichelli, 2020

E. Giusti: *Analisi Matematica 2*, Boringhieri, 2003

C. D. Pagani, S. Salsa: *Analisi Matematica, vol. 2*, Zanichelli, 2016

Modalità di esame: L'esame comprende una prova scritta ed una orale, entrambe obbligatorie. La prova scritta consisterà nella risoluzione di esercizi, alcuni dei quali potrebbero essere di carattere teorico. Chi ha superato la prova scritta verrà ammesso alla prova orale, che verterà principalmente sugli argomenti teorici trattati: il/la candidato/a dovrà dimostrare di saper esporre con competenza e rigore le nozioni apprese ed, eventualmente, di essere in grado di elaborarle in maniera originale. La valutazione complessiva terrà conto di entrambe le prove.

 **Program:** Metric, normed and inner-product spaces and their topological properties. Complete, connected and compact spaces with basic properties. Contraction mapping theorem in a complete metric space. Characterization of compact metric spaces. Sequences of functions. Pointwise and uniform convergence of sequences of functions. Connections with continuity, differentiability, and integrability. Ascoli-Arzelà theorem. Series of functions. Weierstrass M-test. Cauchy criterion for the uniform convergence of series of functions. Power series, convergence set, and convergence radius. Abel's Theorem. Analytic functions. Differential calculus for scalar and vector valued functions of several real variables: partial and directional derivatives, differentiability and differential of a function, necessary and sufficient conditions for differentiability. Gradient and Jacobian matrix of a map. Differential of a composite function, chain rule for the derivatives. Higher order derivatives, Schwarz Lemma. Review of bilinear and quadratic form in \mathbb{R}^n . Taylor formula for functions of several variables, Peano's and Lagrange's remainder. Maxima and minima for functions of several variables, criteria based on the sign of the Hessian matrix. Curves in \mathbb{R}^n , length of a curve, natural parametrization. Curvilinear integral of the first kind for scalar functions. Some notions on curvature of planar and space curves. Vector fields, linear differential forms and curvilinear integrals of the second kind. Closed and exact forms, simply connected domains, homotopy invariance for integrals of closed forms. Introduction to surfaces in \mathbb{R}^n . Regular surfaces. Tangent plane and normal vector. Cartesian surfaces and surfaces of revolution. Dini's implicit function theorem for functions of two variables. General Implicit functions theorem. Inverse function theorem, local and global invertibility. Introduction to the notion of an embedded manifold in \mathbb{R}^n . Extremum points of a function under constraints and Lagrange multiplier method.

Learning objectives: Learning the basic theoretical concepts on metric spaces, multivariable calculus, curves and line integrals, series of functions and Fourier analysis; make the student able to elaborate critically such concepts; develop the necessary computational skills to solve rigorously the proposed problems.

Text books:

N. Fusco, P. Marcellini, C. Sbordone: *Lezioni di Analisi matematica due*, Zanichelli, 2020

E. Giusti: *Analisi Matematica 2*, Boringhieri, 2003

C. D. Pagani, S. Salsa: *Analisi Matematica, vol. 2*, Zanichelli, 2016

Exam mode: The exam consists of a written test and an oral interview, both compulsory. The written exam will consist in the resolution of exercises, some of them could be of theoretical nature.

Students who pass the written exam are admitted to the oral one, that will mainly focus on the topics presented in the course: the candidate should be able to present the learned notions with competence and rigour, and, if necessary, to elaborate on them in an original way. The written and oral exam will both contribute to the determination of the final vote.

ANALISI MATEMATICA 4

2° anno – 2° semestre

7 CFU – settore MAT/05 – 70 ore di lezione in aula – il corso prevede ulteriori ore di tutorato

Prof. P. Cannarsa (codocente Dott.ssa R. Ghezzi)

 **Programma:** *Equazioni differenziali ordinarie.* 1. Crescita e decrescita esponenziale. Il modello logistico. Risultato di esistenza e unicità per il problema di Cauchy relativo a un'equazione del primo ordine in forma normale. Equazioni a variabili separabili ed equazioni lineari del primo ordine. Confronto di soluzioni. 2. Problema di Cauchy per sistemi differenziali del primo ordine in forma normale. Teorema di esistenza e unicità di Picard. Lemma di Gronwall. Dipendenza continua dai dati. 3. Prolungamento

di soluzioni. Esistenza e unicità del prolungamento massimale. Teorema di prolungabilità. Teorema di escursione dai compatti. Prolungabilità in presenza di una maggiorazione a priori nel caso della striscia. Globalità delle soluzioni massimali in ipotesi di sublinearità. 4. Sistemi differenziali lineari. Struttura affine dello spazio delle soluzioni. Matrici fondamentali di soluzioni. Dimensione dello spazio delle soluzioni del sistema omogeneo. Sistemi lineari a coefficienti costanti: il caso di autovalori distinti. Formula di variazioni delle costanti arbitrarie. 5. Equazioni differenziali lineari di ordine n . Soluzioni fondamentali, matrice wronskiana e metodo della variazione delle costanti arbitrarie. Equazioni a coefficienti costanti: equazione caratteristica e sistema fondamentale di soluzioni dell'omogenea. Equazioni di Eulero. Ricerca di soluzioni particolari. 6. Flusso di un campo vettoriale regolare. Continuità del flusso e proprietà di semigruppato. Insiemi invarianti per un flusso e condizione necessaria e sufficiente per l'invarianza di un convesso chiuso. Classificazione degli equilibri. Analisi degli equilibri di sistemi lineari autonomi bidimensionali. Stabilità in prima approssimazione. Metodo di Liapunov per l'analisi della stabilità. Bacino di attrazione di un punto di equilibrio asintoticamente stabile. Analisi degli equilibri nel pendolo senza attrito, nei modelli epidemiologici SIS, SIR e SIRS, e nel modello preda-predatore.

Misura di Lebesgue. 1. Plurintervalli in \mathbb{R}^n . 2. Insiemi misurabili secondo Lebesgue e misura di un insieme. 3. Additività e subadditività numerabile della misura. 4. Misura nei prodotti cartesiani.

Integrale di Lebesgue in \mathbb{R}^n . 1. Integrale di Lebesgue. 2. Funzioni misurabili. 3. Passaggio al limite sotto il segno di integrale. 4. Teorema di Fubini. 5. Cambiamento della misura per diffeomorfismi e cambiamento di variabili negli integrali. 6. Coordinate polari. 7. Derivazione sotto il segno di integrale. 8. Formula di Gauss-Green nel piano. Applicazione al calcolo di aree. Soluzione del problema isoperimetrico nel piano.

Integrali superficiali. 1. Parametrazioni equivalenti e area di una porzione di superficie regolare. 2. Calcolo delle aree di alcune porzioni di superfici regolari (sfera, cono, toro, paraboloidi, rotazione di una cicloide). 3. Integrale di una funzione continua su una porzione di superficie regolare. 4. Teorema di Stokes nello spazio tridimensionale. Insiemi semplicemente connessi.

Obiettivi di apprendimento: Acquisire metodologie teoriche e competenze computazionali su misura di Lebesgue in spazi euclidei, integrazione di funzioni di più variabili reali, integrali superficiali ed equazioni differenziali ordinarie.

Testi consigliati:

E. Giusti: *Analisi matematica, vol. 2*, (seconda edizione), Boringhieri, 1983

E. Giusti: *Esercizi e complementi di analisi matematica, vol. 2*, Boringhieri, 2003

Modalità di esame: Prova scritta che prevedere la risoluzione di esercizi, sia di tipo teorico che di tipo numerico. Gli esercizi possono coprire tutti gli argomenti presenti nel programma. Per ciascun esercizio è indicato il punteggio corrispondente ad una risoluzione completa. Prova orale nella quale il candidato dimostra di conoscere definizioni, teoremi, le dimostrazioni fondamentali (comunicare in precedenza), ed è in grado di usare le nozioni apprese combinandole se necessario in modo originale. La valutazione complessiva tiene conto di entrambe le prove.

Bibliografia di riferimento:

C. D. Pagani, S. Salsa: *Analisi Matematica 2*, Zanichelli, 2009

 **Program:** *Ordinary differential equations*. 1. Exponential growth and exponential decay. The logistic model. Existence and uniqueness of solutions to the Cauchy problem for a first order differential equation in normal form. Separation of variables and first order linear differential equations. Comparison of solutions. 2. The Cauchy problem for first order systems of differential equations in normal form. Picard's theorem. Gronwall's lemma. Continuous dependence on data. 3. Continuation of solutions. Existence and uniqueness of the maximal solution. Continuation theorem. Excursion from a compact set. Continuation under an a priori bound. Global solutions in the sublinear case. 4. Linear systems of differential equations. Structure of the solution space. Fundamental matrices. Dimension of the solution space for a homogeneous system. Linear systems with constant coefficients: the case of simple eigenvalues. Variation of constants. 5. Differential equations of order n . Fundamental solutions, Wronskian matrix, and variation of constants. Equations with constant coefficients. Euler equations. Forcing terms of special form. 6. Flow of a smooth vector field. Continuity of the flow and semigroup property. Invariant sets and necessary and sufficient conditions for the invariance of a closed convex set. Classification of the equilibria. Planar linear systems. Stability by linearization. Lyapunov's method. Attraction basin of an asymptotically stable equilibrium. Study of the frictionless pendulum, SIS, SIR, and SIRS epidemic models, and predator-prey model.

Lebesgue measure. 1. Rectangles in \mathbb{R}^n . 2. Lebesgue measure. 3. Countable additivity and subadditivity. 4. Measure of cartesian products.

Lebesgue integral in \mathbb{R}^n . 1. Lebesgue integral. 2. Measurable functions. 3. Convergence of integrals. 4. Fubini's theorem. 5. Change of variables in multiple integrals. 6. Polar coordinates. 7. Differentiation of integrals. 8. Gauss-Green formula for planar domains. Computation of areas. Solution of the isoperimetric problem in the plane.

Surface Integrals. 1. Equivalent parameterizations and area of a surface. 2. Computation of the area of elementary surfaces (sphere, cone, torus, paraboloid). 3. Integral of a continuous function on a regular surface. 4. Stokes theorem. Simply connected sets.

Learning objectives: To acquire theoretical methods and computational skills concerning Lebesgue measure on Euclidean space, integration of functions of several real variables, convergence theorems, surface integrals, and ordinary differential equations.

Text books:

E. Giusti: *Analisi matematica, vol. 2*, Boringhieri, 1983

E. Giusti: *Esercizi e complementi di analisi matematica, vol. 2*, Boringhieri, 2003

Exam mode: Written and oral exam. The final assessment will take in to account both exams.

Reference bibliography:

W. Fleming: *Functions of Several Variables*, Springer-Verlag, 1977

M. W. Hirsch, S. Smale, R. L. Devaney: *Differential equations, dynamical systems, and introduction to chaos*, Elsevier, 2013

ANALISI MATEMATICA 5

3° anno – 2° semestre

6 CFU – settore MAT/05 – 48 ore di lezione in aula

Prof. A. Porretta

Programma: Esempi di problemi del Calcolo delle Variazioni. Equazione di Eulero. Condizioni necessarie di Legendre. Condizioni del second'ordine e Teorema di Jacobi. Minimi vincolati: il problema isoperimetrico. Condizioni sufficienti per l'esistenza dei minimi: semicontinuità e convessità. Formalismo Hamiltoniano. Problemi di controllo dinamico: principio del massimo di Pontryagin. Programmazione dinamica ed equazioni di Hamilton-Jacobi per la funzione valore: metodo delle caratteristiche.

Obiettivi di apprendimento: Acquisire le conoscenze di base del Calcolo delle Variazioni e del controllo dinamico.

Testi consigliati:

P. Cannarsa, E. Giorgieri, M. E. Tessitore: *Lecture notes in dynamic optimization*, Texmat, 2004 (fornito dal docente)

Modalità di esame: Prova orale.

Program: Examples of problems in the Calculus of Variations. Euler equations. Necessary conditions of Legendre. Second order conditions and Jacobi's theorem. Constrained optimization: the isoperimetric problem. Sufficient conditions for the existence of minima: semicontinuity and convexity. Hamiltonian formulation. Dynamic control: examples and basic setting. Pontryagin's maximum principle. Dynamic programming and Hamilton-Jacobi equation for the value function: the method of characteristics.

Learning objectives: Get the basics of Calculus of Variations and dynamic optimization.

Text books:

P. Cannarsa, E. Giorgieri, M. E. Tessitore: *Lecture notes in dynamic optimization*, Texmat, 2004 (given by the teacher)

Exam mode: Oral exam.

ANALISI MATEMATICA 6

3° anno – 2° semestre

6 CFU – settore MAT/05 – 48 ore di lezione in aula

Prof. G. Morsella

Insegnamento mutuato da Fondamenti di Analisi Matematica del Corso di Laurea Magistrale in Fisica.

■ **Programma:** Spazi normati e operatori su di essi. Cenni di teoria dell'integrazione alla Lebesgue. Spazi di Hilbert e operatori. Teoria spettrale per operatori autoaggiunti su spazi di Hilbert. Applicazioni alla Meccanica Quantistica. Rappresentazioni delle relazioni di commutazione canoniche e algebra di Weyl. Teorema di Stone e operatore hamiltoniano. Oscillatore armonico. Cenni su rappresentazioni di gruppi e algebre di Lie di matrici. Momento angolare e spin. Teorema di Kato-Rellich. Autoaggiuntezza e spettro dell'hamiltoniana dell'atomo di idrogeno.

Obiettivi di apprendimento: Approfondimento di alcuni argomenti dell'analisi matematica finalizzati alla formulazione matematica della meccanica quantistica. Capacità di risolvere esercizi negli argomenti trattati.

Testi consigliati: Note online, e testi indicati durante il corso.

Modalità di esame: Prova Orale.

■ **Program:** Normed spaces and operators on them. Sketches of Lebesgue integration. Hilbert spaces and operators. Spectral theory for self-adjoint operators on Hilbert spaces. Applications to Quantum Mechanics. Representations of the canonical commutation relations and Weyl algebra. Stone's theorem and Hamiltonian operator. Harmonic oscillator. Sketches of the representation theory of matrix Lie groups and algebras. Angular momentum and spin. Kato-Rellich's theorem. Self-adjointness and spectrum of the hydrogen's atom Hamiltonian.

Learning objectives: Insight view in some themes of mathematical analysis, as tools for the mathematical formulation of quantum mechanics. Ability in solving problems in those subjects.

Text books: Notes online, further texts will be pointed out.

Exam mode: Oral exam.

ANALISI NUMERICA 1

3° anno – 1° semestre

8 CFU – settore MAT/08 – 64 ore di lezione in aula – il corso prevede ulteriori ore di tutorato

Prof.ssa C. Manni

■ **Programma:** Il corso illustra i principi della traduzione di modelli matematici in problemi aritmetici risolvibili con mezzi automatici. Aritmetica in virgola mobile e analisi dell'errore. Algebra lineare numerica: metodi diretti e metodi iterativi per sistemi lineari. Approssimazione di soluzioni di equazioni non lineari. Approssimazione e interpolazione polinomiale e spline. Integrazione numerica. Cenni al trattamento numerico di equazioni differenziali ordinarie.

Obiettivi di apprendimento: Acquisire le conoscenze di base delle problematiche numeriche legate alla risoluzione di problemi matematici tramite un elaboratore elettronico digitale. Al termine dell'insegnamento lo studente conoscerà i metodi numerici più elementari per l'algebra lineare numerica e l'approssimazione di dati e funzioni, sarà in grado di individuare le possibili fonti di errore nell'utilizzo di algoritmi numerici per l'approssimazione di semplici problemi matematici e di interpretare i risultati ottenuti mediante la programmazione di algoritmi relativi tramite l'utilizzo di un elaboratore elettronico digitale.

Testi consigliati:

D. Bini, M. Capovani, O. Menchi: *Metodi Numerici per l'Algebra Lineare*, Zanichelli, 1988

A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri: *Matematica Numerica*, Springer, 2008

Modalità di esame: Per la parte di Analisi Numerica 1 la valutazione dello studente prevede una prova scritta ed una prova orale che vanno sostenute nella medesima sessione d'esame. La prova scritta è propedeutica alla prova orale. In essa vengono proposti esercizi concernenti la risoluzione di semplici problemi numerici tramite i metodi studiati. Lo studente dovrà dimostrare di saper riconoscere gli ambiti di applicabilità dei metodi e delle procedure descritte a lezione e applicare gli stessi al fine di risolvere e modellizzare semplici problemi. Per gli studenti interessati, nel periodo di lezione viene proposta una valutazione in itinere (articolata in due prove) sostitutiva della prova scritta. Nella prova orale lo studente dovrà dimostrare di saper illustrare, sia in modo sintetico che analitico, e con proprietà di linguaggio i fondamenti matematici dei metodi numerici presentati a lezione. Il punteggio della prova d'esame è attribuito mediante un voto espresso in trentesimi risultato della media pesata delle votazioni ottenute.

 **Program:** The course illustrates the principles of translating mathematical models into arithmetic problems that can be solved by using a digital computer. Floating point arithmetic and error analysis. Numerical linear algebra: direct methods and iterative methods for linear systems. Approximation of solutions of non-linear equations. Polynomial and spline approximation and interpolation. Numerical integration. Outlines on the numerical treatment of ordinary differential equations.

Learning objectives: The course aims to provide the basic knowledge of numerical issues related to the resolution of mathematical problems through a digital computer. The student will know the most basic numerical methods for numerical linear algebra and approximation of data and functions, he/she will be able to identify the possible sources of error in the use of numerical algorithms for approximation of simple mathematical problems and to interpret the results obtained by programming related algorithms using a digital computer.

Text books:

D. Bini, M. Capovani, O. Menchi: *Metodi Numerici per l'Algebra Lineare*, Zanichelli, 1988

A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri: *Matematica Numerica*, Springer, 2008

Exam mode: For the part of Numerical Analysis 1 the student's assessment includes a written exam and an oral exam. The written exam is preparatory to the oral exam. It contains exercises concerning the resolution of simple numerical problems through the studied methods. The student has to prove to be able to recognize the range of applicability of the methods and procedures described in the course and to apply the same in order to solve and model simple problems. In the oral exam the student has to prove to be able to illustrate with a proper language, both synthetically and analytically, the mathematical foundations of the presented numerical methods. The exam test score is given by a mark expressed in thirtieths obtained by the weighted average of the single marks.

ANALISI NUMERICA 2

3° anno – 2° semestre

6 CFU – settore MAT/08 – 48 ore di lezione in aula

Prof. C. Di Fiore (codocente Prof. D. Bertaccini)

 **Programma:** Algebre di matrici di bassa complessità computazionale, metodi iterativi quasi-Newton per la minimizzazione di funzioni, metodi di tipo gradiente coniugato e tecniche di preconditionamento per sistemi lineari di grandi dimensioni, il caso delle matrici di Toeplitz, migliore approssimazione di una matrice e/o formule di dislocamento in algebre di bassa complessità.

Obiettivi di apprendimento: Investigare alcuni argomenti di base dell'ottimizzazione numerica.

Testi consigliati: Appunti dei docenti e di ex-studenti.

Modalità di esame: Prova orale.

Bibliografia di riferimento:

D. Bertaccini, C. Di Fiore, P. Zellini: *Complessità e iterazione numerica. Percorsi, matrici e algoritmi veloci nel calcolo numerico*, Bollati Boringhieri, 2013

J. E. Dennis Jr., R. B. Schnabel: *Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations*, SIAM, 1983

S. Wright, J. Nocedal: *Numerical Optimization*, Springer, 1999

D. Bertaccini, F. Durastante: *Iterative Methods and Preconditioning for Large and Sparse Linear Systems with Applications*, Taylor & Francis, 2018

 **Program:** Matrix algebras of low computational complexity, iterative quasi-Newton methods for functions minimization, conjugate gradient type methods and preconditioning techniques for large dimension linear systems, the case of Toeplitz matrices, best approximation of a matrix and/or displacement formulas in low complexity matrix algebras.

Learning objectives: Investigate some basic topics of Numerical Optimization.

Exam mode: Oral exam.

Reference bibliography:

D. Bertaccini, C. Di Fiore, P. Zellini: *Complessità e iterazione numerica. Percorsi, matrici e algoritmi veloci nel calcolo numerico*, Bollati Boringhieri, 2013

J. E. Dennis Jr., R. B. Schnabel: *Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations*, SIAM, 1983

S. Wright, J. Nocedal: *Numerical Optimization*, Springer, 1999

D. Bertaccini, F. Durastante: *Iterative Methods and Preconditioning for Large and Sparse Linear Systems with Applications*, Taylor & Francis, 2018

ANALISI REALE E COMPLESSA

3° anno – 1° semestre

8 CFU – settore MAT/05 – 64 ore di lezione in aula

Prof. R. Peirone (codocente Prof. A. Iannuzzi)

Programma: Richiami sulla topologia di \mathbb{R}^n e sull'integrale di Riemann, la misura di Lebesgue, funzioni misurabili secondo Lebesgue, integrale di Lebesgue, integrazione su prodotti cartesiani, cambiamento di variabile negli integrali. La scrittura complessa delle funzioni di due variabili reali. Funzioni olomorfe: esempi e proprietà elementari. Integrazione di 1-forme differenziali, primitive di funzioni olomorfe, teorema di Morera. Formula integrale di Cauchy e sue conseguenze. La teoria locale delle funzioni olomorfe. Punti singolari delle funzioni olomorfe. Teorema dei residui. Applicazioni al calcolo degli integrali. Funzioni meromorfe. Teorema di Casorati-Weierstrass, teorema di Picard. I gruppi dei biolomorfismi dei domini semplicemente connessi di $\mathbb{P}^1(\mathbb{C})$.

Obiettivi di apprendimento: Introdurre lo studente agli argomenti di base dell'analisi reale e complessa.

Testi consigliati:

R. L. Wheeden, A. Zygmund: *Measure and Integral: An Introduction to Real Analysis*, CRC press, 2015

D. L. Cohn: *Measure Theory*, Springer, 2013

D. Sarason: *Notes on complex function theory*, A.M.S., 2007

H. Cartan: *Elementary theory of analytic functions of one and several variables*, Dover Public., 1995

C. Rea: *Dispense di Analisi reale e complessa*, dispense disponibili on-line

Modalità di esame: Prova scritta e orale.

Program: The topology of \mathbb{R}^n and Riemann's integral, Lebesgue's measure. Measurable functions, Lebesgue's integral, integration over cartesian products, variables changes. Functions of a complex variable. Holomorphic functions: examples and first properties. Integration of differentiable 1-forms, primitive of a holomorphic function, Morera's theorem. Cauchy's integral formula and its consequences. The local theory of holomorphic functions. Singular points. The residue theorem. Applications to integrals computations. Meromorphic functions. Casorati-Weierstrass's theorem, Picard's theorem. The automorphisms of simply connected domains in $\mathbb{P}^1(\mathbb{C})$.

Learning objectives: Getting the basic knowledge of real and complex analysis.

Text books:

R. L. Wheeden, A. Zygmund: *Measure and Integral: An Introduction to Real Analysis*, CRC press 2015

D. L. Cohn: *Measure Theory*, Springer, 2013

D. Sarason: *Notes on complex function theory*, A.M.S., 2007

H. Cartan: *Elementary theory of analytic functions of one and several variables*, Dover Public., 1995

C. Rea: *Dispense di Analisi reale e complessa*, pdf notes free downloadable from the web.

Exam mode: Written and oral exam.

CRITTOGRAFIA

3° anno – 1° semestre

6 CFU – settore MAT/03 – 48 ore di lezione in aula

Prof.ssa M. Lanini

Programma: Elementi di aritmetica di base e di teoria dei numeri elementare. In particolare, aritmetica modulare e campi finiti, numeri primi e cenni sulla loro distribuzione, test di primalità, fattorizzazione, logaritmi discreti. Operazioni elementari e loro complessità. Curve ellittiche su campi finiti. Principali sistemi crittografici (classici e a chiave pubblica) e algoritmi che permettono di risolvere problemi computazionali correlati.

Obiettivi di apprendimento: Acquisire le basi teoriche della crittografia, per studiare diversi sistemi crittografici, nonché algoritmi relativi alle procedure di cifratura e decifratura.

Testi consigliati:

W. M. Baldoni, C. Ciliberto, G. M. Piacentini Cattaneo: *Aritmetica, crittografia e codici*, Collana: UNITEXT, Springer, 2006

A. Laniguasco, A. Zaccagnini: *Manuale di Crittografia*, Hoepli, 2015

S. Vaudenay: *A classical introduction to cryptography*, Springer, 2006

Modalità di esame: Prova orale.

 **Program:** Basic elements of arithmetic and elementary number theory. In particular, modular arithmetic, Finite fields, prime numbers and their distribution, primality tests, discrete logarithms. Main (classic and public key) cryptographic systems and algorithms which allow to solve computational related problems.

Learning objectives: The course aims to provide the theoretical basis of cryptography, to study different cryptographic systems, as well as algorithms related to encryption and decryption procedures.

Text books:

W. M. Baldoni, C. Ciliberto, G. M. Piacentini Cattaneo: *Aritmetica, crittografia e codici*, Collana: UNITEXT, Springer, 2006

A. Laniguasco, A. Zaccagnini: *Manuale di Crittografia*, Hoepli, 2015

S. Vaudenay: *A classical introduction to cryptography*, Springer, 2006

Exam mode: Oral exam.

FISICA 1

2° anno – 1° semestre

9 CFU – settore FIS/01 – 72 ore di lezione in aula – il corso prevede ulteriori ore di tutorato

Prof. A. Moleti

 **Programma:** Campi scalari e vettoriali. Cinematica. Dinamica del punto materiale e dei sistemi di punti. Moti relativi, forze fittizie. Relatività ristretta. Conservazione della quantità di moto e del momento angolare. Teorema delle forze vive. Forze conservative, conservazione dell'energia. Forze viscosità. Statica dei fluidi, dinamica dei fluidi, teorema di Bernoulli, calore e temperatura. termodinamica. Trasformazioni reversibili e irreversibili. Primo principio della termodinamica. Secondo principio della termodinamica. Entropia.

Obiettivi di apprendimento: Sviluppare conoscenze di meccanica e termodinamica e la capacità di applicarle all'analisi di semplici problemi.

Testi consigliati:

P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci: *Fisica, vol. 1*, edises, 2007

Modalità di esame: Test in itinere: soluzione di problemi di esame su una parte del programma.

Esame scritto: soluzione di problemi di esame su tutto il programma.

Esame orale: sintetica illustrazione di argomenti specifici con l'ausilio di semplici dimostrazioni analitiche e/o argomentazioni euristiche.

 **Program:** Scalar and vector fields. Kinematics. Dynamics of the point mass and of the systems of masses. Relative motion, apparent forces. Special relativity conservation of momentum and of the angular momentum. Theorem of work and kinetic energy. Conservative forces, conservation of energy. Fundamental forces gravitation, Kepler's laws electromagnetic forces, elastic forces, friction, viscosity fluid statics fluid dynamics, Bernoulli's theorem heat and temperature thermodynamics. Reversible and irreversible transformations. First principle of thermodynamics. Second principle of thermodynamics. Entropy.

Learning objectives: Developing knowledge about mechanics and thermodynamics and applicative skills to the analysis of simple problems.

Text books:

P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci: *Fisica, vol. 1*, edises, 2007

Exam mode: Written and oral exam, itinere evaluation.

FISICA 2

3° anno – 1° semestre

7 CFU – settore FIS/01 – 56 ore di lezione in aula – il corso prevede ulteriori ore di tutorato

Prof. E. Santovetti (codocente Dott.ssa L. Dell'Asta)

■ **Programma:** Forza di Coulomb - campo elettrico e potenziale elettrostatico - teorema di Gauss - conduttori in equilibrio elettrostatico - condensatori e dielettrici - corrente elettrica e resistenza - legge di Ohm - resistori in serie e parallelo - leggi di Kirchoff per i circuiti elettrici - carica e scarica di un condensatore - campo magnetico - forza magnetica su una carica in movimento - moto di una particella carica in campo magnetico - seconda legge elementare di Laplace - principio di equivalenza di Ampère - campi magnetico prodotto da una corrente e prima formula elementare di Laplace - teorema della circuitazione di Ampère e sue applicazioni - solenoide ideale - equazioni per B nel vuoto e nel caso stazionario - potenziale vettore A - legge di Faraday dell'induzione elettromagnetica - autoinduzione - il circuito RL - mutua induzione - circuito oscillante LC e RLC serie - corrente di spostamento e legge di Ampère-Maxwell - equazione delle onde e.m. - la doppia natura della luce: onda e corpuscolo - esperimento di Young e effetto fotoelettrico - Il principio di Huygens - riflessione e rifrazione della luce - la legge di Snell - interferenza di onde e.m. - interferenza da due fenditure e da N fenditure - diffrazione da una fenditura, reticolo di diffrazione.

Obiettivi di apprendimento: Acquisire i concetti base dell'elettromagnetismo classico e dell'ottica fisica e la capacità di risolvere semplici problemi sull'argomento.

Testi consigliati:

P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci: *Fisica, vol. 2*, ediSES, 2008

Modalità di esame: Esame scritto ed orale.

■ **Program:** Coulomb interaction - electric field and electrostatic potential - Gauss theorem - conductors in electrostatic equilibrium - capacitors and dielectrics - electric current and resistance - Ohm's law - series and parallel resistors - Kirchoff's laws for electric circuits - charge and discharge of a capacitor - magnetic field - magnetic force on a moving charge - motion of a charged particle in a magnetic field - second elementary law of Laplace - Ampère equivalence theorem - magnetic fields generated by a current and first elementary Laplace formula - Ampère's circuital law and its applications - ideal solenoid - equations for B in vacuum and in the stationary case - vector potential A - Faraday's law of induction - self inductance - RL circuit - mutual inductance - oscillating circuit LC and RLC series - displacement current and Ampère-Maxwell's shift law - e.m. wave equation - the double nature of light: wave and particle - Young's experiment and photoelectric effect - Huygens' principle - light reflection and refraction - Snell's law - wave interference - interference from two slits and from N slits - diffraction from a finite slit - diffraction grating.

Learning objectives: The course aims to provide the basic concepts of classical electromagnetism and physical optics and the ability to solve simple problems on the subject.

Text books:

P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci: *Fisica, vol. 2*, ediSES, 2008

Exam mode: Written and oral exam.

FISICA MATEMATICA 1

2° anno – 2° semestre

8 CFU – settore MAT/07 – 80 ore di lezione in aula – il corso prevede ulteriori ore di tutorato

Prof. C. Liverani (codocente Dott. C. Lhotka)

■ **Programma:** Studio qualitativo delle equazioni differenziali ordinarie. Moti unidimensionali: trattazione del caso conservativo e di quello dissipativo. Punti di equilibrio e stabilità. Modello di Lotka-Volterra e di un orologio, attrattori. La meccanica celeste come ulteriore esempio di introduzione di modelli matematici di fenomeni naturali. Moti centrali. Legge di gravitazione universale come soluzione del problema inverso di Keplero. Problema dei due corpi e di Calogero. Moti relativi. Forze apparenti in sistemi non inerziali. Generalità sui sistemi meccanici. Equazioni cardinali. Corpo rigido: cinematica e dinamica. Sistemi vincolati. Vincoli ideali, principio di D'Alembert. Equazioni di Lagrange. Costanti del moto per sistemi Lagrangiani. Formulazione variazionale della meccanica Lagrangiana. Introduzione alla meccanica Hamiltoniana. Parentesi di Poisson. Teoremi di Liouville per il flusso Hamiltoniano e (in cenni) a proposito dei sistemi integrabili.

Obiettivi di apprendimento: Acquisizione della capacità di comprendere il comportamento di fenomeni reali (principalmente, di natura meccanica), che sono modellizzati in modo matematicamente rigoroso.

Testi consigliati: Note reperibili in rete.

Modalità di esame: 2 esoneri + scritto + orale.

 **Program:** Qualitative analysis of the ordinary differential equations. One degree of freedom dynamics: study of both systems with conservative forces and those including frictions. Equilibrium points and stability in their neighborhoods. Lotka-Volterra predator-prey model, attractors and their existence in a simple model of a clock. Celestial Mechanics as a further example of introduction of mathematical models to describe natural phenomena. Motion of a point-mass subject to a central field. Gravitation law as a solution of the indirect Kepler's problem. Two-body problem and Calogero's problem. Motion in a moving coordinate system. Inertial forces and Coriolis force. Newtonian mechanics for systems with n particles. Rigid body: kinematics and dynamics. Holonomic and ideal constraints. D'Alembert's principle. Lagrange's equations. Constants of motion for Lagrangian systems. Variational formulation of Lagrangian mechanics. Introduction to Hamiltonian mechanics. Poisson brackets. Liouville's theorems: invariance of the phase space volume under the Hamiltonian flow and characterization of the integrable systems.

Learning objectives: The understanding of natural phenomena (mainly, of mechanical type), that are modeled in a mathematically rigorous way.

Text books: Some notes available online.

Exam mode: A written test and a final oral examination. A student can get the exemption for the written part of the exam, in case of success in two (smaller) written tests, made during the course.

FISICA MATEMATICA 2

3° anno – 2° semestre

8 CFU – settore MAT/07 – 64 ore di lezione in aula – il corso prevede ulteriori ore di tutorato

Prof. A. Pizzo (codocente Dott. O. Butterley)

 **Programma:** L'equazione di diffusione: generalità. Questioni di unicità. Il principio di massimo. La soluzione fondamentale. Passeggiata aleatoria simmetrica e moto Browniano. Diffusione con trasporto e reazione. Il problema di Cauchy globale. Equazione di Laplace: Generalità. Funzioni armoniche nel discreto e nel continuo, proprietà di media e principio di massimo. Formula di Poisson. Diseguaglianza di Harnack e Teorema di Liouville. Soluzione fondamentale e funzione di Green. Formule di rappresentazione di Green. Cenni al problema esterno. Equazioni del primo ordine: Equazione lineare del trasporto. Modelli non lineari e metodo delle caratteristiche. Onde di shock e condizione di Rankine-Hugoniot. Problema dell'unicità e cenni alla condizione di entropia. Trasformata di Fourier. Formula di inversione. Teorema di Plancherel. Applicazioni alla soluzione di equazioni alle derivate parziali. Equazione delle onde: Corda vibrante. Formula di D'Alembert. Effetti di dissipazione e dispersione. Pacchetti d'onda e velocità di gruppo. Equazione delle onde in più di una dimensione. Soluzione fondamentale in 3 dimensioni. Formula di Kirchoff.

Obiettivi di apprendimento: Conoscenza delle equazioni classiche della fisica matematica.

Testi consigliati:

S. Salsa: *Equazioni a derivate parziali*, Springer-Verlag, 2016

Modalità di esame: L'esame consiste in una prova scritta con svolgimento di esercizi e una prova orale che si sviluppa partendo da risposte scritte a domande su alcuni argomenti della teoria.

 **Program:** Diffusion equation: main features. Uniqueness of the solution. Maximum principle. Fundamental solution. Symmetric random walk and Brownian motion. Reaction diffusion equation, drift-diffusion equation. Cauchy problem and global existence of the solution. Laplace equation: main features. Harmonic functions on a lattice and on the continuum, the mean value property and the maximum principle. Poisson formula. Harnack inequality and Liouville theorem. Fundamental solution and Green function. Green's representation theorem. Introduction to the external problem. First order differential equation: Linear transport equation. Nonlinear models and method of characteristics. Shock waves and Rankine-Hugoniot condition. Uniqueness problems and introduction to entropy conditions. Fourier transform. Inverse formula. Plancherel theorem. Application to solving partial differential equations. Wave equations: Vibrating string. D'Alembert formula. Dissipation and dispersion. Wave packets and group velocity. Wave equations in more than one dimension. Fundamental solution in 3 dimensions. Kirchoff formula.

Learning objectives: The course provides basic knowledge of the classical equations of mathematical physics.

Text books:

S. Salsa: *Equazioni a derivate parziali*, Springer-Verlag, 2016

Exam mode: The exam consists of: 1) a written test where the student is asked to solve exercises; 2) an oral exam starting with the answers to some written questions on the theory.

FONDAMENTI DI PROGRAMMAZIONE: METODI EVOLUTI

3° anno – 2° semestre

6 CFU – settore INF/01 – 48 ore di lezione in aula

Prof. E. Nardelli

Programma: Oggetti e loro caratteristiche. L'interfaccia di una classe. Invarianti e altri elementi di logica. Creazione di oggetti. Assegnazione, riferimento e struttura degli oggetti. Strutture di controllo. Astrazione. Modello dinamico. Ereditarietà e genericità. Ricorsione. Ereditarietà multipla. Programmazione guidata dagli eventi ed agenti.

Obiettivi di apprendimento: L'insegnamento si propone di fornire agli studenti gli elementi fondamentali per padroneggiare la programmazione informatica in modo professionale.

Testi consigliati:

B. Meyer: *Touch of Class: Learning to Program Well with Objects and Contracts*, Springer, 2009

Modalità di esame: Svolgimento di prova scritta con esercizio di progettazione con StateCharts - esercizi di progettazione di Basi di Dati. Progetto di sviluppo di un sistema informatico in Eiffel. Discussione orale.

Program: Objects and their properties Classes and interfaces. Invariants and element of logics. Creation, assignment, reference. Control structures. Abstraction. Dynamic model. Inheritance and genericity. Recursion. Multiple inheritance Event-drive programming and agents.

Learning objectives: This module aims at providing to students the fundamental concepts needed to program computers in a professional way.

Text books:

B. Meyer: *Touch of Class: Learning to Program Well with Objects and Contracts*, Springer, 2009

Exam mode: Written exam with: StateCharts design exercise- Database design exercises. Project developing an informatics system in Eiffel. Oral discussion.

GEOMETRIA 1 CON ELEMENTI DI STORIA 1

1° anno – 1° semestre

9 CFU – settore MAT/03 – 90 ore di lezione in aula – il corso prevede ulteriori ore di tutorato

Prof. F. Flamini (codocente Prof.ssa F. Tovena)

Programma: Sistemi lineari. Spazi vettoriali reali. Applicazioni lineari. Forme bilineari e prodotti scalari reali. Geometria affine ed euclidea reale. Elementi dello sviluppo delle discipline algebriche e geometriche nell'era moderna.

Obiettivi di apprendimento: Il corso fornisce un'introduzione ai concetti di base dell'algebra lineare e della geometria affine ed euclidea; esso si propone di rendere lo studente capace di elaborazione critica su tali concetti. Il corso fornisce anche nozioni di elementi storici con capacità espositiva dei medesimi.

Testi consigliati:

C. Ciliberto: *Algebra Lineare*, Bollati Boringhieri, 1984

C. Ciliberto, C. Galati, F. Tovena: *Dispense di Geometria*, dispense disponibili on-line

F. Flamini, A. Verra: *Matrici e vettori. Corso di base di Geometria e Algebra Lineare*, Carocci Editore, Collana: LE SCIENZE, 2008

E. Sernesi: *Geometria I*, Bollati Boringhieri, 1989

Modalità di esame: La prova di verifica si compone di una prova scritta propedeutica ed una prova orale. La prova orale va sostenuta nella stessa sessione d'esame della prova scritta. Ai fini della prova orale, il candidato prepara una tesina relativa ai crediti di storia; essa va redatta in forma scritta e portata in copia scritta (da consegnare) in occasione della prova orale. La tesina può essere svolta in gruppo (e, in tal

caso, nella copia consegnata vanno indicati tutti i nominativi del gruppo). Il superamento complessivo delle prove intermedie (ESONERI) permette, a chi desidera, di accedere direttamente alla prova orale dell'insegnamento. Per chi non ha superato le prove intermedie (ESONERI), non si terrà conto degli esiti di tali prove.

 **Program:** Linear systems. Real vector spaces. Linear maps. Real bilinear forms and inner products. Real affine and Euclidean geometry. Elements of the development of algebraic and geometric disciplines in the modern era.

Learning objectives: The course provides an introduction to basics of linear algebra over the real field as well as of real affine and Euclidean geometry. The course aims to make the student capable of critical elaboration on these concepts. The course also provides notions of historical elements with their exhibition capacity.

Text books:

C. Ciliberto: *Algebra Lineare*, Bollati Boringhieri, 1984

C. Ciliberto, C. Galati, F. Tovena: *Dispense di Geometria*, pdf notes free downloadable from the web

F. Flamini, A. Verra: *Matrici e vettori. Corso di base di Geometria e Algebra Lineare*, Carocci Editore, Collana: LE SCIENZE, 2008

E. Sernesi: *Geometria I*, Bollati Boringhieri, 1989

Exam mode: Final exam consists of a preliminary written test and an oral test. The oral test must be taken in the same exam session as the written test. For the purposes of the oral exam, the candidate prepares an essay relating to the history credits; it must be written and written copy will be delivered on the occasion of the oral exam. The essay paper can be done in group (and, in this case, all the names of the group must be indicated in the copy delivered). The overall passing of the intermediate tests (ESONERI) allows those who wish to have direct access to the oral exam of the course. For those who have not passed the intermediate tests (ESONERI), the results of these tests will not be taken into account.

GEOMETRIA 2 CON ELEMENTI DI STORIA 2

1° anno – 2° semestre

10 CFU – settore MAT/03 – 100 ore di lezione in aula – il corso prevede ulteriori ore di tutorato

Prof. F. Flamini (codocente Prof.ssa F. Tovena)

 **Programma:** Algebra lineare: complessificazione di spazi vettoriali reali, spazi vettoriali complessi. Spazi vettoriali quoziente. Diagonalizzazione di un endomorfismo: autovettori ed autovalori. Forma canonica di Jordan. Prodotti scalari ed hermitiani e forme quadratiche su uno spazio vettoriale. Spazio duale di uno spazio vettoriale. Geometria affine e proiettiva: spazio affine e cartesiano complesso. Spazi proiettivi reali e complessi. Sottospazi proiettivi e regola di Grassmann. Proiettività. Riferimenti proiettivi e coordinate omogenee. Teorema fondamentale delle proiettività e dei riferimenti. Spazio proiettivo duale. Relazioni tra geometria affine e geometria proiettiva. Complessificazione di uno spazio proiettivo reale. Coniche. Elementi dello sviluppo delle discipline algebriche e geometriche nell'era moderna.

Obiettivi di apprendimento: Il corso fornisce un'introduzione a concetti di algebra lineare più avanzata rispetto al corso precedente, alla geometria affine ed euclidea complessa, alla geometria proiettiva reale e complessa, alla teoria delle coniche reali e complesse. Esso si propone di rendere lo studente capace di elaborazione critica su tali concetti. Il corso fornisce inoltre brevi nozioni di elementi storici, con capacità espositiva dei medesimi.

Testi consigliati:

C. Ciliberto: *Algebra Lineare*, Bollati Boringhieri, 1984

C. Ciliberto, C. Galati, F. Tovena: *Dispense di Geometria*, dispense disponibili on-line

F. Flamini, A. Verra: *Matrici e vettori. Corso di base di Geometria e Algebra Lineare*, Carocci Editore, Collana: LE SCIENZE, 2008

E. Sernesi: *Geometria I*, Bollati Boringhieri, 1989

Modalità di esame: La prova di verifica si compone di una prova scritta propedeutica ed una prova orale. La prova orale va sostenuta nella stessa sessione d'esame della prova scritta. Ai fini della prova orale, il candidato prepara una tesina relativa ai crediti di storia; essa va redatta in forma scritta e portata in copia scritta (da consegnare) in occasione della prova orale. La tesina può essere svolta in gruppo (e, in tal caso, nella copia consegnata vanno indicati tutti i nominativi del gruppo). Il superamento complessivo delle prove intermedie (ESONERI) permette, a chi desidera, di accedere direttamente alla prova orale

dell'insegnamento. Per chi non ha superato le prove intermedie (ESONERI), non si terrà conto degli esiti di tali prove.

 **Program:** Linear algebra: complexification of real vector spaces, complex vector spaces. Quotient vector spaces. Diagonalization of an endomorphism: eigenvectors and eigenvalues. Jordan canonical form. Scalar and Hermitian products and quadratic forms on a vector space. Dual space of a vector space. Affine and projective geometry: affine and Cartesian complex space. Real and complex projective spaces. Projective subspaces and Grassmann rule. Projectivity. Projective references and homogeneous coordinates. Fundamental theorem of projectivity and references. Dual projective space. Relations between affine geometry and projective geometry. Complexification of a real projective space. Conics. Elements of the development of algebraic and geometric disciplines in the modern era.

Learning objectives: The course provides an introduction to topics in linear algebra which are more advanced with respect to those in the first course, to topics in real and complex affine and Euclidean geometry, in real and complex projective geometry and in the theory of real and complex conics. It aims to make the student capable of critical elaboration on these concepts. The course also provides notions of historical elements with their exhibition capacity.

Text books:

C. Ciliberto: *Algebra Lineare*, Bollati Boringhieri, 1984

C. Ciliberto, C. Galati, F. Tovena: *Dispense di Geometria*, pdf notes free downloadable from the web

F. Flamini, A. Verra: *Matrici e vettori. Corso di base di Geometria e Algebra Lineare*, Carocci Editore, Collana: LE SCIENZE, 2008

E. Sernesi: *Geometria I*, Bollati Boringhieri, 1989

Exam mode: Final exam consists of a preliminary written test and an oral test. The oral test must be taken in the same exam session as the written test. For the purposes of the oral exam, the candidate prepares an essay relating to the history credits; it must be written and written copy will be delivered on the occasion of the oral exam. The essay paper can be done in group (and, in this case, all the names of the group must be indicated in the copy delivered). The overall passing of the intermediate tests (ESONERI) allows those who wish to have direct access to the oral exam of the course. For those who have not passed the intermediate tests (ESONERI), the results of these tests will not be taken into account.

GEOMETRIA 3

2° anno – 1° semestre

7 CFU – settore MAT/03 – 70 ore di lezione in aula – il corso prevede ulteriori ore di tutorato

Dott. L. Arosio (codocente Dott. P. Lipparini)

 **Programma:** Spazi metrici. Spazi topologici. Funzioni continue tra spazi topologici. Topologia indotta. Topologia quoziente. Azione di gruppo. Spazi prodotto. Spazi compatti. Spazi di Hausdorff. Spazi connessi. Varietà topologiche. Classificazione delle superfici. Spazi connessi per cammini. Omotopia di funzioni continue. Il gruppo fondamentale. Il Teorema del punto fisso di Brouwer. Il gruppo fondamentale della circonferenza. Rivestimenti. Il gruppo fondamentale di uno spazio di rivestimento e di uno spazio di orbite. Il Teorema di Seifert Van Kampen.

Obiettivi di apprendimento: Apprendere le nozioni di base relative alla topologia generale ed algebrica.

Testi consigliati:

C. Kosniowski: *Introduzione alla topologia algebrica*, Zanichelli, 1988

Testi forniti dal docente per il tutorato

Modalità di esame: L'insegnamento prevede una prova scritta propedeutica e una prova orale. Nella prova scritta, lo studente risolve alcuni problemi, applicando e adattando i metodi appresi e motivando la propria strategia risolutiva. Nella prova orale, lo studente illustra e discute alcune definizioni e la dimostrazione di teoremi appresi nell'ambito del corso, oppure espone dimostrazioni autonomamente individuate e relative a situazioni analoghe a quelle studiate nel corso. Tramite tali prove, sono verificate il livello di padronanza delle nozioni introdotte nel corso dell'insegnamento, l'autonomia e la consapevolezza nell'utilizzo delle tecniche apprese, la completezza e la chiarezza espositiva, la capacità di sintesi e di analisi critica, la correttezza dello sviluppo logico delle argomentazioni prodotte. La valutazione complessiva, attribuita mediante un voto espresso in trentesimi, tiene conto dell'esito della prova scritta e della prova orale. La sufficienza corrisponde a voti superiori o uguali a 18/30; un punteggio pari a 30/30 e lode viene assegnato a studenti che abbiano acquisito in modo eccellente le competenze di cui sopra.

 **Program:** Metric spaces. Topological spaces. Continuous functions. Induced topology. Quotient topology. Group action. Product spaces. Compact spaces. Hausdorff spaces. Connected spaces. Manifolds and surfaces. Path connected spaces. Homotopy of continuous mappings. The fundamental group. The fundamental group of a n -sphere.

Learning objectives: This is an introductory course in general and algebraic topology.

Text books:

C. Kosniowski: *A First Course in Algebraic Topology*, Cambridge University Press, 1980

Exam mode: Written and oral exam. The course includes a preparatory written test and an oral test. In the written test, the student solves some problems, applying and adapting the methods learned and motivating his own solution strategy. Through these tests, the level of mastery of the concepts introduced in the course of teaching, autonomy and awareness in the use of the techniques learned, completeness and clarity of exposition, the capacity for synthesis and critical analysis, correctness are verified. of the logical development of the arguments produced. The overall evaluation, attributed through a vote expressed in thirtieths, takes into account the outcome of the written test and the oral exam. Sufficiency corresponds to votes greater than or equal to 18/30; a score of 30/30 cum laude is awarded to students who have acquired the above mentioned skills in an excellent manner.

GEOMETRIA 4

2° anno – 2° semestre

7 CFU – settore MAT/03 – 70 ore di lezione in aula – il corso prevede ulteriori ore di tutorato

Prof. V. Di Gennaro

 **Programma:** Curve differenziabili. Lunghezza di un arco di curve e parametro arco. Curvatura e torsione. Formule di Frenet. Teorema di esistenza e unicità. Superfici regolari nello spazio. Forme differenziali. Piano tangente. Prima forma quadratica fondamentale. Area di una superficie regolare. Mappa di Gauss. Seconda forma quadratica fondamentale. Il Theorema Egregium di Gauss. Formule di Gauss-Weingarten. Teorema di esistenza e unicità. Geodetiche. Il teorema di Gauss-Bonnet. Qualche teorema di classificazione. Quadriche. Superficie rigate. Superficie di Rotazione.

Obiettivi di apprendimento: L'insegnamento si propone di presentare i concetti più importanti della geometria differenziale delle curve e delle superfici nello spazio euclideo a tre dimensioni.

Testi consigliati:

M. Abate, F. Tovena: *Curve e superfici*, Ed. Springer-Verlag Italia, 2006

M. M. Lipschutz: *Geometria differenziale*, Collana Schaum, Etas Libri, 1984

Modalità di esame: L'esame consiste di una prova scritta ed una orale, entrambe obbligatorie. Esame scritto: risoluzione autonoma di esercizi. Esame orale: esposizione rigorosa di argomenti del corso.

 **Program:** Differentiable curves. Length of an arc and natural parameters. Curvature and torsion. Frenet formulae. Existence and unicity. Regular surfaces in 3-space. Differential forms. First quadratic form. Area of a regular surface. Gauss map. Second quadratic form. Theorema Egregium. Gauss Weingarten formulae. Existence and unicity. Geodesics. Gauss-Bonnet theorem. Some classification theorems.

Learning objectives: The course aims to present the most important concepts of the differential geometry of curves and surfaces in the three-dimensional Euclidean space.

Text books:

M. Abate, F. Tovena: *Curve e superfici*, Ed. Springer-Verlag Italia, 2006

M. M. Lipschutz: *Geometria differenziale*, Collana Schaum, Etas Libri, 1984

Exam mode: The exam consists in a written exam and in an oral one, both mandatory. Written part: independent solution of exercises. Oral part: rigorous exposition of some topics of the course.

GEOMETRIA 5

3° anno – 2° semestre

6 CFU – settore MAT/03 – 48 ore di lezione in aula

Prof. A. Rapagnetta

■ ■ **Programma:** CW complessi. Gruppo fondamentale. Omologia simpliciale. Omologia singolare. Omologia cellulare. Caratteristica di Eulero.

Obiettivi di apprendimento: Il corso fornisce un'introduzione ad alcune delle idee fondamentali della topologia algebrica.

Testi consigliati:

A. Hatcher: *Topologia algebrica*, Cambridge University Press, 2002

Modalità di esame: Prova orale: esposizione rigorosa di argomenti del corso.

■ ■ **Program:** CW complexes. Fundamental group. Simplicial homology. Singular homology. Cellular homology. Eulero characteristic.

Learning objectives: The goal of the course is the learning of basic topics of Algebraic Topology.

Text books:

A. Hatcher: *Algebraic Topology*, Cambridge University Press, 2002

Exam mode: Oral exam: rigorous exposition of some topics of the course.

LABORATORIO DI CALCOLO 2

3° anno – 1° semestre

4 CFU – settore INF/01 – 40 ore di lezione in aula

Prof.ssa F. Pelosi (codocente Prof. H. Speleers)

■ ■ **Programma:** Il corso verte sulla programmazione in MATLAB. In particolare si considereranno nell'ambiente MATLAB: Manipolazione di vettori e matrici - Scripts e functions - Grafica 2D e 3D - Input e output - Implementazione di algoritmi numerici di moderata complessità.

Obiettivi di apprendimento: Solide basi per la programmazione di algoritmi numerici attraverso il linguaggio MATLAB.

Testi consigliati: Dispense fornite dal docente. Tutorial disponibile sul sito di MATLAB.

Modalità di esame: Il corso si conclude con un esame scritto (elaborazione di un programma in MATLAB), eventualmente integrato da un esame orale. L'esame sarà verbalizzato insieme all'esame di Analisi numerica 1.

■ ■ **Program:** The course concerns programming of numerical algorithms in MATLAB. In particular, we will address in MATLAB the following topics: Vectors and matrices - Scripts and functions - Graphics in 2D and 3D - Input and output - Implementation of simple numerical algorithms.

Learning objectives: Solid basis for programming numerical algorithms through the MATLAB language.

Text books: Lecture notes given by the teacher. Tutorial available on the MATLAB web site.

Exam mode: The course is concluded by a written exam (writing of a MATLAB program), possibly followed by an oral exam.

LABORATORIO DI PROGRAMMAZIONE E INFORMATICA 1

1° anno – 2° semestre

10 CFU – settore INF/01 – 100 ore di lezione in aula

Prof.ssa D. Giammarresi

■ ■ **Programma:** Introduzione ai computer e alla programmazione. Il linguaggio C: variabili e tipi di dati fondamentali. Istruzioni di input-output. Controllo del flusso. Operatori aritmetici, logici e relazionali. Le funzioni e il passaggio dei parametri. Le funzioni ricorsive. Gli array: definizioni e applicazioni. Media, mediana, moda. Problemi di ricerca e ordinamento su array. Analisi degli algoritmi e implementazione in C di selectionsort, bubblesort, insertionsort e mergesort. Stringhe e algoritmi su analisi del testo. Le strutture. I puntatori e le strutture auto-referenzianti. Strutture dati elementari: liste, pile e code. Definizioni e loro implementazioni con strutture linkate. Alberi: definizioni, notazioni e proprietà. Implementazione con strutture linkate. Visita di alberi. Alberi binari di ricerca: definizione e implementazione in C. Grafi: definizioni e notazioni. Implementazioni con matrici di adiacenza e liste di adiacenza. Visite in ampiezza e in profondità di grafi non diretti. Automi stati finiti deterministici e non

deterministici. Teorema di equivalenza tra i due modelli. Espressioni regolari. Teorema di equivalenza tra espressioni regolari e automi a stati finiti. Proprietà di chiusura dei linguaggi regolari. Minimizzazione di automi. Cenni su automi a pila. Macchine di Turing e calcolabilità. Tesi di Turing-Church.

Obiettivi di apprendimento: Il corso si propone di illustrare alcuni concetti base di fondamenti di programmazione strutturata con riferimento al linguaggio C insieme a nozioni su strutture dati e algoritmi elementari. L'obiettivo è quello di rendere lo studente capace di elaborare tali concetti in maniera critica e di acquisire le conoscenze necessarie per risolvere con rigore i problemi proposti.

Testi consigliati:

H. Deitel, P. Deitel: *Il linguaggio C-Fondamenti e Tecniche di Programmazione*, Pearson Education, 2016
Ulteriori dispense fornite dal docente

Modalità di esame: La prova di laboratorio consiste nel programmare la soluzione di problemi su stringhe e matrici. La prova scritta consiste della risoluzione di esercizi di algoritmi. Chi ha superato la prova scritta è ammessa alla prova orale, principalmente dedicata alla teoria.

 **Program:** Introduction to computers and programming. The C programming language: variables and basic data types. Input-output instructions. Flow Control. Arithmetic, logical and relational operators. The functions and their parameters. Recursive functions. Arrays: definitions and applications. Analysis and implementation in C of selectionsort, bubblesort, insertionsort and mergesort of algorithms. String algorithms on text analysis. Structures and pointers in C. Elementary data structures: lists, stacks and queues. Definitions and their implementations with linked structures. Trees: definitions, notations and properties and implementation in C. Visit of trees. Search binary trees: definition and implementation in C. Graphs: definitions and notations. Implementations by matrices and lists. Definition of formal languages. Deterministic and non-deterministic finite automata and their equivalence. Regular Expressions. The Kleene's theorem of equivalence between regular expressions and finite automata. Closure properties of regular languages. The minimization of automata. Non-regular languages. Definition of stack automata and Turing Machine.

Learning objectives: The course is meant to supply the basic concepts of structured programming, referred to language C, together with notions of data structures and elementary algorithms. The goal is to make the student able to elaborate such concepts critically and have the know how to solve rigorously the proposed problems.

Text books:

H. Deitel, P. Deitel: *Il linguaggio C-Fondamenti e Tecniche di Programmazione*, Pearson Education, 2016
Further notes given by the teacher

Exam mode: The lab exam consists in programming an exercise using matrices and strings. During the written exam the students should solve various exercises on algorithms and data structures. The students who have passed the lab and the written exams are admitted to the oral exam.

LABORATORIO DI SPERIMENTAZIONE DI FISICA

3° anno – 1° semestre

3 CFU – settore FIS/01 – 30 ore di lezione in aula – il corso prevede ulteriori ore di tutorato

Prof. R. Cerulli

 **Programma:** Misura di una grandezza fisica: misura diretta e misura indiretta. Grandezze fondamentali e derivate. Sistemi di unità di misura. Caratteristiche degli strumenti di misura. Misure di lunghezza, di tempo e di massa. Incertezze casuali ed incertezze sistematiche. Stima delle incertezze delle misure. Cifre significative. Propagazione delle incertezze. Circuiti elettrici. Elementi passivi, generatori di corrente e di tensione. Principi di Kirchhoff. Strumenti di misura in corrente continua. Il multimetro digitale. Introduzione alle misure di ottica. Introduzione all'analisi statistica dei dati sperimentali. Stime di parametri. Test statistici. Grafici.

Argomenti delle esercitazioni: 1. Studio del periodo di un pendolo semplice. 2. Moto di un proiettile: strumento balistico. 3. Moti oscillatori con molle. 4. Studio della legge di Boyle e di Gay Lussac. 5. Misura del calore specifico di una sostanza solida. 6. Studio della carica e scarica di un condensatore. 7. Studio di fenomeni di diffrazione della luce.

Obiettivi di apprendimento: Apprendimento del metodo sperimentale per lo studio dei fenomeni fisici e valutazione delle incertezze nelle misure.

Testi consigliati: Dispense del Corso e Guide alle esperienze di Laboratorio.

V. Canale: *Fisica in laboratorio. Meccanica e Termodinamica*, Aracne, 2007

M. Severi: *Introduzione all'Esperimentazione di Fisica*, Zanichelli, 1986

M. Loreti: *Teoria degli errori e fondamenti di statistica*, Zanichelli, 1998

J. R. Taylor: *Introduzione all'analisi degli errori*, Zanichelli, 1982

R. Cervellati, D. Malosti: *Elettronica. Esercitazioni per il laboratorio di fisica*, Euroma La Goliardica, 1986

Modalità di esame: L'esame sarà verbalizzato insieme al Corso di Fisica Generale 2. Il giudizio che compete il Corso di Sperimentazione di Fisica sarà formulato considerando le relazioni consegnate dagli studenti al termine di ogni esercitazione di Laboratorio.

 **Program:** Measurement of a physical quantity: direct and indirect measurements. Fundamental quantities and derived ones. Changing of measurement unit. Basic characteristics of instruments. Measurement of length, time and mass. Random and systematic uncertainties. Estimation of measurement uncertainties. Propagation of uncertainties. Relative uncertainty. Electrical circuits. Passive elements, current and voltage generators. Kirchhoff's principles. Instrument in DC. Introduction to statistical analysis of experimental data. Parameters estimation. . Statistical tests. Graphs. Outline of laboratory experiments: Study of the period of a simple oscillator Bullet motion: ballistic instrument. Oscillating motions with springs. Study of the Boyle and Gay Lussac laws Measurement of the heat capacity of a solid substance . Study of the charge and discharge of a capacitor. Study of light diffraction phenomena.

Learning objectives: To equip students with a working knowledge of experimental methods required to study physical phenomena.

Text books: Dispense del Corso e Guide alle esperienze di Laboratorio.

V. Canale: *Fisica in laboratorio. Meccanica e Termodinamica*, Aracne, 2007

M. Severi: *Introduzione all'Esperimentazione di Fisica*, Zanichelli, 1986

M. Loreti: *Teoria degli errori e fondamenti di statistica*, Zanichelli, 1998

J. R. Taylor: *Introduzione all'analisi degli errori*, Zanichelli, 1982

R. Cervellati, D. Malosti: *Elettronica. Esercitazioni per il laboratorio di fisica*, Euroma La Goliardica, 1986

Exam mode: The final exam will be based on the reports of the Experiments and on the course of General Physics Part II.

PROBABILITÀ E FINANZA

3° anno – 1° semestre

6 CFU – settore MAT/06 – 48 ore di lezione in aula

Prof.ssa L. Caramellino

 **Programma:** Il corso ha come obiettivo lo studio ed il calcolo del prezzo e della copertura delle opzioni europee ed americane quando il modello di mercato è scelto nella classe dei modelli discreti, sia in tempo che in spazio. La prima parte del corso è dedicata a cenni di teoria della misura ed approfondimenti di calcolo delle probabilità (spazi di misura e funzioni misurabili, spazi di probabilità e variabili aleatorie, speranza condizionale, martingale, tempi d'arresto). Successivamente viene introdotto il modello discreto per la descrizione dei mercati finanziari, per lo studio dell'arbitraggio e della completezza del mercato. Particolare enfasi è data al modello di Cox, Ross e Rubinstein. La parte finale del corso è dedicata ai metodi numerici, anche Monte Carlo.

Obiettivi di apprendimento: Comprensione del linguaggio proprio della finanza matematica; conoscenza dei modelli discreti per la finanza, in particolare per la risoluzione dei problemi legati alle opzioni (calcolo del prezzo e della copertura); capacità di istituire collegamenti con materie collegate (analisi, geometria, linguaggi di programmazione etc.) e con problemi provenienti dal mondo reale; risoluzione numerica di problemi reali (prezzo e copertura di opzioni) tramite costruzione di algoritmi, anche Monte Carlo.

Testi consigliati:

P. Baldi, L. Caramellino: *Appunti del corso di Probabilità e Finanza*, dispense disponibili on-line

D. Lamberton, B. Lapeyre: *Introduction to stochastic calculus applied to finance*, Chapman & Hall, 2008

A. Pascucci, W. J. Runggaldier: *Finanza matematica. Teoria e problemi per modelli multiperiodali*, Springer Universitext, 2009

Modalità di esame: Prova orale, previa consegna (anticipata di 10 giorni rispetto alla data d'esame) e discussione del progetto con la risoluzione dei problemi numerici proposti (si richiede l'uso di un linguaggio di programmazione, ad esempio C).

 **Program:** The aim of the course is the pricing and the hedging of European and American options when the market model is discrete both in time and space. The first part is devoted to some special topics in measure theory and advanced probability (sigma-algebras and measurable functions, probability spaces and random variables, conditional expectation, martingales, stopping times). Then general discrete models in finance are introduced and arbitrage and market completeness are studied. A special emphasis is given to the Cox, Ross and Rubinstein model. The final part of the course deals with numerical methods, in particular Monte Carlo methods.

Learning objectives: Understanding of the mathematical finance language; knowledge of discrete models for finance, in particular for solving problems related to options (pricing and hedging); ability to establish links with related subjects (analysis, geometry, programming languages, etc.) and with problems coming from the real world; numerical resolution of real problems (pricing/hedging) through the construction of algorithms, also by means of Monte Carlo methods.

Text books:

P Baldi, L. Caramellino: *Appunti del corso di Probabilità e Finanza*, pdf notes free downloadable from the web

D. Lamberton, B. Lapeyre: *Introduction to stochastic calculus applied to finance*, Chapman & Hall, 2008

A. Pascucci, W. J. Runggaldier: *Finanza matematica. Teoria e problemi per modelli multiperiodali*, Springer Universitext, 2009

Exam mode: Oral exam. Candidates can take the exam only after having delivered the numerical exercises (at least 10 days before the exam date).

PROBABILITÀ E STATISTICA

2° anno – 2° semestre

9 CFU – settore MAT/06 – 90 ore di lezione in aula – il corso prevede ulteriori ore di tutorato

Prof. D. Marinucci

 **Programma:** Introduzione e generalità. Spazi di probabilità, assiomi fondamentali, probabilità condizionata, indipendenza, formula di Bayes. Variabili aleatorie: valore atteso, varianza, densità discreta, funzione di ripartizione. Variabili aleatorie discrete: Bernoulli, Binomiale, Poisson, ipergeometrica, geometrica, binomiale negativa. Variabili aleatorie continue: funzione di densità. Variabile aleatoria uniforme, esponenziale, Gamma, Gaussiana. Disuguaglianze fondamentali. Convergenza e teoremi limite: legge dei grandi numeri e teorema del limite centrale. Cenni alle catene di Markov.

Obiettivi di apprendimento: Fornire una introduzione alle nozioni base della probabilità, partendo dalla assiomatizzazione della teoria per arrivare ai teoremi limite e alle catene di Markov.

Testi consigliati:

P Baldi: *Calcolo delle Probabilità e Statistica*, McGraw Hill, 2011

Modalità di esame: L'esame scritto prevede esercizi sugli argomenti svolti nel corso. L'orale prevede la verifica dei concetti teorici e delle dimostrazioni svolte in aula.

 **Program:** Introduction and generalities. Probability spaces: basic axioms, conditional probability, Independence, Bayes formula. Random variables: expected value, variance, discrete density, distribution function. Discrete random variables: Bernoulli, binomial, hypergeometric, geometric, Pascal. Continuous random variables: Uniform, Exponential, Gamma, Gaussian. Fundamental inequalities. Convergence and limit theorems: law of large numbers and central limit theorem. Hints on Markov chains.

Learning objectives: To provide an introduction to the basic tools of probability theory, starting from the fundamental axioms till asymptotic theory, limit theorems and Markov chains.

Text books:

P Baldi: *Calcolo delle Probabilità e Statistica*, McGraw Hill, 2011

Exam mode: Written exams is based on exercises, the oral exams on proofs and understanding of the theoretical background.

STATISTICA

3° anno – 2° semestre

6 CFU – settore MAT/06 – 48 ore di lezione in aula

Prof. G. Scalia Tomba

■ **Programma:** Calcolo delle probabilità: distribuzioni importanti, congiunte, di funzioni di più variabili. Teoria asintotica, convergenza in distribuzione ed in probabilità, metodo delta. Statistica matematica: modelli statistici, statistiche sufficienti, principi d'inferenza. Stimatori puntuali, intervalli di onfidenza, test d'ipotesi. Proprietà asintotiche. Modelli di regressione. Breve introduzione a R.

Obiettivi di apprendimento: Conoscenza dei principi fondamentali teorici e applicati della statistica.

Testi consigliati:

G. Casella, R. Berger: *Statistical Inference*, Duxbury/Thomson Learning, 2002

Documentazione R

Modalità di esame: Esame finale scritto + tesina con uso di R.

🇬🇧 **Program:** Probability theory: important distributions, joint distributions, distributions of functions of several variables. Asymptotic theory, convergence in distribution and probability, delta method. Mathematical statistics: statistical models, sufficient statistics, inference paradigms. Point estimators, confidence intervals, hypothesis tests. Asymptotic properties. Regression models. Introduction to R.

Learning objectives: Knowledge of basic principles of theoretical and applied statistics.

Text books:

G. Casella, R. Berger: *Statistical Inference*, Duxbury/Thomson Learning, 2002

Documentazione R

Exam mode: The examination consists of a written test and a term paper using R.
