CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN MATEMATICA

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.

Per le matricole

Orientamento Viene organizzato un servizio di accoglienza, chiamato **Infodesk**, per ricevere informazioni sulle modalità di iscrizione, sul contenuto dei corsi e dialogare con studenti che già frequentano il Corso di Laurea. Infodesk è aperto dal lunedì al venerdì nei periodi dal **15 al 26 Luglio 2019 e dal 2 al 13 Settembre 2019 dalle ore 9.30 alle ore 12.30** nell'atrio adiacente la segreteria della macroarea di Scienze. Per ulteriori informazioni telefonare allo 06 7259 4800.
Informazioni, riguardanti i casi di esonero totale o parziale dal pagamento delle tasse e contributi universitari sono disponibili sulla Guida dello Studente anno accademico 2019/2020
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 nuova normativa. ***Tale prova consiste in 20 domande a risposta multipla su argomenti di base di matematica. La prova risulta superata con un punteggio uguale o superiore a 8 (risposta giusta: +1, risposta sbagliata -0,25, non data 0).***
Per partecipare alla prova di valutazione (che, nel seguito chiameremo anche '**test**') **è necessario prenotarsi**. Le modalità di prenotazione saranno pubblicate sul sito www.scienze.uniroma2.it
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 **16 Settembre al 27 Settembre**.
Un eventuale mancato superamento del test non preclude l'immatricolazione. Coloro che non superino la prova di valutazione, 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. La normativa di legge prevede che gli obblighi formativi aggiuntivi assegnati vadano colmati entro il primo anno.
Chi desidera **prepararsi** alla prova, può consultare la lista degli argomenti (Syllabus) e esempi di test di valutazione sul sito

http://allenamento.cisiaonline.it/utenti_esterni/login_studente.php

Tutori 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.
Borse di Studio L'Istituto Nazionale di Alta Matematica (INdAM) ha bandito anche per questo anno un concorso a n. 30 borse di studio, 2 borse aggiuntive riservate agli studenti che si iscriveranno al primo anno di un corso di laurea in Matematica per l'a.a. 2019-20. La selezione avviene attraverso una prova scritta di argomento matematico, che si terrà in data **10 settembre 2019, alle ore 14.30**, e **Tor Vergata** è una delle sedi per il concorso. Il bando e le prove degli anni precedenti sono consultabili sul sito www.altamatematica.it
Il Dipartimento di matematica bandisce dei premi di laurea triennale per gli studenti meritevoli che si immatricolano nell'a.a. 2019/20. Il bando è consultabile sul sito http://www.mat.uniroma2.it/didattica/Borse/premi-borse.php
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 web del corso di Laurea
www.mat.uniroma2.it/didattica

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 di tipo scientifico, tecnico ed economico. La durata del Corso di Laurea è, normalmente, di tre anni.
Il Corso di laurea in matematica dà allo studente una formazione "forte". Prima di tutto 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 le migrazioni dei primi Homo Sapiens) per maneggiare bene il calcolo numerico e simbolico con i suoi lati operativi.
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 gli stage presso aziende, strutture della pubblica amministrazione e laboratori. Nell'ambito del programma Erasmus lo studente può usufruire di soggiorni presso università straniere.
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), perché tutti i settori della ricerca, sia quelli più tradizionali sia quelli più recenti, vi 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 dipartmento 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. Perché, ovunque ci sia bisogno di costruire dei modelli che funzionino, c'è bisogno di un matematico. Non è un caso che, ad esempio, lavori che sembrerebbero destinati a laureati in economia, oggi vengano affidati a matematici. Infatti, 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 questi motivi 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 anche per la realizzazione degli effetti speciali del nuovo cinema o degli stupefacenti cartoni animati di ultima generazione. Si affianca al biologo che studia il sequenziamento del DNA umano e all'ecologo che studia la dinamica delle popolazioni. La sua presenza è fondamentale negli uffici studi delle grandi banche, dove è necessario sviluppare modelli complessi per la valutazione dei rischi e la determinazione dei prezzi dei derivati finanziari. Un'analisi recente dei diversi impieghi ad alto livello dei laureati in Matematica in Italia si può trovare sul sito:

http://mestieri.dima.unige.it/

L'applicazione della matematica è 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, in tutto questo, se diciamo che i matematici sono una grande comunità internazionale, collaborano molto tra di 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.

Ordinamento degli Studi - Laurea Triennale

Sul sito web del corso di laurea (https://www.mat.uniroma2.it/didattica/Documenti/documenti.php) si trova il Regolamento che con i suoi articoli disciplina e specifica gli aspetti organizzativi del corso di laurea.

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 Laurea magistrale sono impostati secondo i Descrittori di Dublino.

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;
- sono in grado di lavorare in gruppo e di operare con definiti gradi di autonomia.

Gli strumenti didattici utilizzati per l'acquisizione di queste competenze sono soprattuttutto 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, 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 cooscenza e comprensione
La formazione matematica in ambito teorico produce i seguenti risultati:
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;
- sono in grado di risolvere problemi di moderata difficoltà in diversi campi della matematica;

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 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).
Lo schema del piano di studio è il seguente:

1 ANNO: Tot. 59 cfu / 6 esami + una prova di idoneità

INSEGNAMENTO	CFU	SEMESTRE	settore
Geometria 1 con Elementi di Storia 1 (B)	9	1	MAT/03
Analisi Matematica 1 (B)	8	1	MAT/05
Algebra 1 (B)	8	1	MAT/02
Inglese	4	1	
Laboratorio di programmazione (B) e Informatica 1 (A)	6+4	2	INF/01
Analisi Matematica 2 (C)	10	2	MAT/05
Geometria 2 con Elementi di storia 2 (C)	10	2	MAT/03

2 ANNO: Tot. 60 cfu / 8 esami

INSEGNAMENTO	CFU	SEMESTRE	settore

Algebra 2 (B)	7	1	MAT/02
Analisi Matematica 3(C)	6	1	MAT/05
Analisi Matematica 4 (C)	7	2	MAT/05
Fisica 1 (B)	9	1	FIS/01
Geometria 3 (C)	7	1	MAT/03
Geometria 4 (C)	7	2	MAT/03
Fisica Matematica 1 (C)	8	2	MAT/07
Probabilità e Statistica (C)	9	2	MAT/06

3 ANNO: **Tot. 61 cfu / 6 esami**

INSEGNAMENTO	CFU	SEMESTRE	settore
Analisi reale e complessa c)	8	1	MAT/05
Analisi numerica 1 (C)+ Laboratorio di calcolo 2 (A)	8 + 4	1	MAT/08 + INF/01
Fisica 2 (A) + Laboratorio di sperimentazione di fisica (A)	7+3	1	FIS/01
Fisica matematica 2 (C)	8	2	MAT/07
Esame di indirizzo (affini e integrativi)	6		
Esami a scelta	12		
Prova finale	5		

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

<u>**NOTA**</u> 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.

Elenco dei corsi attivati e didattica erogata nell'A.A. 2019/20

1 ANNO (DM 270/04)

SIGLA	**INSEGNAMENTO**	**settore**	**CFU**	**SEM.**	**Obbl/Opz.**
AL1	Algebra 1	MAT/02	8	1	Obbl.
AM1	Analisi Matematica 1	MAT/05	8	1	Obbl.
GE1	Geometria 1 con Elementi di storia 1	MAT/03	9	1	Obbl.
	Inglese		4	1	Obbl.
AM2	Analisi Matematica 2	MAT/05	10	2	Obbl.
GE2	Geometria 2 con Elementi di Storia 2	MAT/03	10	2	Obbl.
LP/INF1	Laboratorio di programmaz. e Informatica 1	INF/01	6+4	2	Obbl.

2 ANNO (DM 270/04)

SIGLA	**INSEGNAMENTO**	**settore**	**CFU**	**SEM.**	**Obbl/Opz.**
AL2	Algebra 2	MAT/02	7	1	Obbl.
AM3	Analisi Matematica 3	MAT/05	6	1	Obbl.
AM4	Analisi Matematica 4	MAT/05	7	2	Obbl
FS1	Fisica 1	FIS/01	9	1	Obbl.
FM1	Fisica Matematica 1	MAT/07	8	2	Obbl.
GE3	Geometria 3	MAT/03	7	1	Obbl.
GE4	Geometria 4	MAT/03	7	2	Obbl
PS2	Probabilità e Statistica	MAT/06	9	2	Obbl.

3 ANNO (DM 270/04)

SIGLA	**INSEGNAMENTO**	**settore**	**CFU**	**SEM.**	**Obbl/Opz.**
AN1	Analisi numerica 1 +Laboratorio di calcolo 2	MAT/08 -INF/01	8+4	1	Obbl.

ARC	Analisi reale e complessa	MAT/05	8	1	Obbl.
FS2	Fisica 2 + Laboratorio di sperimentazione di fisica	FIS/01	7+3	1	Obbl.
FM2	Fisica Matematica 2	MAT/07	8	2	Obbl.
	Analisi matematica 5	MAT/05	6	2	Opz.
	Crittografia	MAT/03	6	2	Opz.
	Fondamenti di programmazione: metodi evoluti	INF/01	6	2	Opz.
	Probabilità e finanza	MAT/06	6	1	Opz.
	Statistica	MAT/06	6	2	Opz.
	Algebra 3	MAT/02	6	1	Opz.
	Geometria 5	MAT/03	6	2	Opz.
	Analisi numerica 2	MAT/08	6	2	Opz.
	*Analisi matematica 6**	MAT/05	6	2	Opz.

*L'insegnamento di Analisi matematica 6 è mutuato da Fondamenti di Analisi Matematica della Laurea triennale 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.

Di seguito è riportata la programmazione didattica con tutti gli esami del triennio riservati agli studenti che si immatricolano nell'A.A. 2019/20:

1 ANNO (DM 270/04)

SIGLA	INSEGNAMENTO	settore	CFU	SEM.	Obbl/Opz.
AL1	Algebra 1	MAT/02	8	1	Obbl.
AM1	Analisi Matematica 1	MAT/05	8	1	Obbl.
GE1	Geometria 1 con Elementi di storia 1	MAT/03	9	1	Obbl.
	Inglese		4	1	Obbl.
AM2	Analisi Matematica 2	MAT/05	10	2	Obbl.
GE2	Geometria 2 con Elementi di Storia 2	MAT/03	10	2	Obbl.
LP/INF1	Laboratorio di programmaz. e Informatica 1	INF/01	6+4	2	Obbl.

2 ANNO (DM 270/04)

SIGLA	INSEGNAMENTO	settore	CFU	SEM.	Obbl/Opz.
AL2	Algebra 2	MAT/02	7	1	Obbl.
AM3	Analisi Matematica 3	MAT/05	6	1	Obbl.
AM4	Analisi Matematica 4	MAT/05	7	2	Obbl
FS1	Fisica 1	FIS/01	9	1	Obbl.
FM1	Fisica Matematica 1	MAT/07	8	2	Obbl.
GE3	Geometria 3	MAT/03	7	I	Obbl.
GE4	Geometria 4	MAT/03	7	2	Obbl
PS2	Probabilità e Statistica	MAT/06	9	2	Obbl.

3 ANNO (DM 270/04)

SIGLA	INSEGNAMENTO	settore	CFU	SEM.	Obbl/Opz.
AN1	Analisi numerica 1 +Laboratorio di calcolo 2	MAT/08 -INF/01	8+4	1	Obbl.
ARC	Analisi reale e complessa	MAT/05	8	1	Obbl.
FS2	Fisica 2 + Laboratorio di sperimentazione di fisica	FIS/01	7+3	1	Obbl.

FM2	Fisica Matematica 2	MAT/07	8	2	Obbl.
	Crittografia	MAT/03	6		Opz.
	Fondamenti di programmaz.: metodi evoluti	INF/01	6		Opz.
	Probabilità e finanza	MAT/06	6		Opz.
	Statistica	MAT/06	6		Opz.
	Geometria 5	MAT/03	6		Opz.
	Analisi matematica 5	MAT/05	6		Opz.
	Analisi numerica 2	MAT/08	6		Opz.
	Algebra 3	MAT/02	6		Opz.
	Analisi matematica 6	MAT/05	6		Opz.

Calendario 2019/2020
I corsi hanno durata semestrale. I corsi del primo semestre si terranno dal 30 Settembre 2019 al 17 Gennaio 2020 eccetto i corsi del primo anno che termineranno il 24 Gennaio 2020. Quelli del secondo semestre, dal 2 marzo 2020 al 12 Giugno 2020. I corsi del primo semestre del primo anno avranno una settimana di interruzione delle lezioni dal 25 al 29 Novembre 2019. Durante questa settimana si svolgeranno eventuali prove di esonero. Il 13 Settembre 2019 alle ore 10.00, in aula L3, si terrà un incontro con gli studenti del terzo anno nel quale i docenti illustreranno brevemente i programmi dei corsi opzionali.

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 inclinazioni dello studente stesso. Tutti i docenti dei corsi hanno un orario di ricevimento settimanale per eventuali chiarimenti da parte degli studenti sulla materia insegnata. Sul sito web del corso di laurea alla 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).

Insegnamenti
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 curriculare, 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 vogliano 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 luglio, gli studenti iscritti al secondo 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 www.mat.uniroma2.it/didattica, 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 del corso di Laurea
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.
a) *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 questi 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.
b) *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.
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. Si precisa che i trasferimenti non possono avvenire su corsi disattivati. Sul sito web del corso di studio www.mat.uniroma2.it/didattica 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).

Programmi dei corsi

ALGEBRA 1 - Primo anno *- I Semestre - 8 CFU - settore MAT/02 - 64 ore di lezione in aula - il corso prevede ulteriori ore di tutorato*

Prof. R. Schoof (codocente Prof.ssa L. Geatti)

Programma. Il linguaggio degli insiemi.Teoria elementare dei numeri. la teoria dei gruppi, anelli e campi.Il sistema RSA

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.

Schoof, R. and Van Geemen, B.: Dispense di Algebra, Pavia 2001**.**

Modalità di esame. Prova scritta.

Bibliografia di riferimento:

Artin, M., Abstract Algebra, 2nd ed, Addison-Wesley, 2010.

Dummit, D. and Foote, R. Abstract Algebra, 3rd ed, 2003

Program. The language of sets elementary number theory.the theory of groups, rings and fields.the RSA system

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

Text books.

Schoof, R. and Van Geemen, B., Dispense di Algebra, Pavia 2001

Exam mode. Written exam.

Bibliografia di riferimento

Artin, M.: Abstract Algebra, 2nd ed, Addison-Wesley, 2010.

Dummit, D. and Foote, R.: Abstract Algebra, 3rd ed, 2003**.**

***ALGEBRA 2 - Secondo anno* -** *I Semestre - 7 CFU - settore MAT/02 - 56 ore di lezione in aula - il corso prevede ulteriori ore di tutorato*

Prof. F. Gavarini

Programma. Il programma comprende i seguenti argomenti, che saranno svolti nell'ordine in cui qui di seguito sono elencati: TEORIA dei GRUPPI: Richiami sulle basi della teoria. Teoremi di Isomorfismo (per gruppi). Automorfismi, automorfismi interni. Azioni di gruppi su insiemi; orbite, stabilizzatori; teorema di Cauchy; teorema delle classi; p-gruppi, sottogruppi di Sylow; teoremi di Sylow. Gruppi risolubili. Classificazione dei gruppi abeliani finiti. TEORIA degli ANELLI: Richiami sulle basi della teoria. Teoremi di Isomorfismo (per anelli). Domini euclidei, domini a ideali principali, domini a fattorizzazione unica. Fattorizzazione in anelli di polinomi. TEORIA dei CAMPI e TEORIA di GALOIS: Caratteristica di un campo. Estensioni di campi. Campi di spezzamento. Campi finiti: esistenza, unicità, struttura. Estensioni normali e estensioni finite. Costruzioni con riga e compasso. Gruppo di Galois di un'estensione; corrispondenza di Galois. Teorema Fondamentale dell'Algebra. Estensioni risolubili per radicali; Teorema di Abel-Ruffini.

Obiettivi di apprendimento. Conseguire una buona conoscenza delle strutture algebriche principali - gruppi, anelli, campi - includendo alcuni risultati di struttura per classi particolari e le relazioni notevoli tra i diversi tipi di struttura algebrica (come ad esempio la teoria di Galois per i campi).

Testi consigliati.

Piacentini Cattaneo G. M., "Algebra", ed. Decibel-Zanichelli, Padova, 1996

Campanella G., "Appunti di Algebra 1"" - "Appunti di Algebra 2"

Herstein I. N., "Algebra"", Editori Riuniti University Press, Roma, 2010

Modalità di esame. La verifica dell'apprendimento avverrà tramite una prova scritta ed una prova orale; si potrà affrontare la prova orale soltanto dopo aver superato la prova scritta. Alla prova scritta sarà assegnata una valutazione (in trentesimi) del tutto provvisoria: il voto finale d'esame (quando venga superato) sarà sul complesso delle due prove.
In ottemperanza alle normative di legge e ai regolamenti di ateneo, per studenti con esigenze specifiche particolari - debitamente comprovate e verificate dagli uffici preposti - saranno predisposte modalità alternative, adeguate al caso specifico, per la verifica dell'apprendimento.
Poiché il contenuto matematico del corso è già in sé stesso un "linguaggio", che trascende la lingua specifica utilizzata per veicolarlo, in caso di specifiche richieste, il docente (a sua esclusiva discrezione) potrà autorizzare lo studente a sostenere le prove di verifica dell'apprendimento - in alternativa alla lingua italiana - anche in lingua inglese, o in lingua francese, o in lingua spagnola.
Program. The program contains the following topics, that will be treated in the same order as they are listed here below: GROUP THEORY: Reminders of the basics of the theory. Isomorphism Theorems (for groups). Automorphisms, inner automorphisms. Group actions on sets; orbits, stabilizers; Cauchy's theorem; the Theorem of classes; p-groups, Sylow's subgroups; Sylow's theorems. Solvable groups. Classification of finite Abelian groups. RING THEORY: Reminders of the basics of the theory. Isomorphism Theorems (for rings). Euclidean domains, principal domains, unique factorization domains. Factorization in rings of polynomials. FIELD THEORY and GALOIS' THEORY: Characteristic of a field. Fields extensions. Splitting fields. Finite fields: existence, uniqueness, structure. Normal extensions and finite extensions. Ruler and compass constructions. Galois group of an extension; Galois' correspondence. Fundamental Theorem of Algebra. Extensions solvable by radicals; Theorem of Abel-Ruffini.
Learning objectives. Achieve a good knowledge of the main algebraic structures - groups, rings, fields - including some structure results for special classes and the relevant relations among different types of algebraic structure (like, for instance, Galois' theory for fields).
Text books.
Piacentini Cattaneo G. M., "Algebra", ed. Decibel-Zanichelli, Padova, 1996
Campanella G., "Appunti di Algebra 1”" - "Appunti di Algebra 2"
Herstein I. N., "Algebra”", Editori Riuniti University Press, Roma, 2010
Exam mode. The final exam will be in two steps: a written test and an oral examination; the student can apply for the latter only after passing the former. The written test will be given an evaluation (out of 30) which is just provisional: the final mark for the exame (when passed) will be given on the overall performance in the two tests (written and oral).
In compliance with the law and the university rules, for students with specific needs - duely proved and verified by the office in charge - the teacher in charge (of the course) will organise alternative procedures, case-by-case fit for the specific situation, to implement the final exam.
Since the mathematical content of the course is already a "language" per se, moving beyond the specific idiom used to spread it, when explicitly required the teacher in charge (of the course) may allow - at his discretion only - the student to undergo the final exam (rather than in Italian) also in English, or in French, or in Spanish.
Bibliografia di riferimento. S. Lang, "Algebra", Revised third edition. Graduate Texts in Mathematics, 211 - Springer-Verlag, New York, 2002.
P. Morandi, "Fields and Galois Theory", Graduate Texts in Mathematics 167, Springer-Verlag, Berlin, 1996.
J. S. Milne, "Fields and Galois Theory"

ALGEBRA 3 - Terzo anno - *I 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 agli studenti necessari per uno studio più approfondito di tematiche algebriche e competenze utili per

i successivi corsi di algebra e geometria. Inoltre, testi consigliati sono in inglese, al fine di abituare gli studenti all'uso di lingue diverse dall'italiano in ambito scientifico.
Modalità di esame. Il raggiungimento degli obiettivi è accertato mediante una prova orale finale

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, II edition, 1971.
Program. The course will consists 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.
Exam mode. There will be a final, oral exam at the end of the course.
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, II edition, 1971.

ANALISI MATEMATICA 1 - Primo anno - *I Semestre - 8 CFU - settore MAT/05- 64 ore di lezione in aula - il corso prevede ulteriori ore di tutorato*
Prof. Michiel Bertsch
Programma. Numeri reali, approccio assiomatico. Numeri naturali e principio di induzione. Numeri interi relativi e numeri razionali. Numerabilità di Z e Q e non numerabilità di R. Numeri complessi e loro operazioni. Topologia della retta reale. Estremo superiore e inferiore. Teorema di Bolzano-Weierstrass. Successioni: limiti di successioni, principali teoremi sui limiti, il numero e. Funzioni di una variabile: funzioni elementari, limiti di funzioni e studio di alcuni limiti notevoli, limite superiore e limite inferiore. Proprietà fondamentali delle funzioni continue. Teorema di Weierstrass e teorema dei valori intermedi. 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.
Dispense fornite dal docente.
Modalità di esame. La prova scritta consiste della risoluzione di esercizi. La prova scritta può essere sostituita da due prove in itinere (esoneri). Chi ha superato la prova scritta è ammessa alla prova orale, principalmente dedicata alla teoria.
Program. Real numbers: axiomatic approach. Natural numbers and induction. Integer, rational and real numbers. Z and Q are countable, R is not. Complex numbers and their operations. 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. Main properties of continuous functions. The Weierstrass theorem and intermediate value theorem. 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 con 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 - Primo anno - *II Semestre - 10 CFU - settore MAT/05 - 80 ore di lezione in aula - il corso prevede ulteriori ore di tutorato*
Dr. E. Callegari
Programma. Polinomio di Taylor e applicazioni. Stima del resto del polinomio di Taylor. Uniforme continuità. Integrazione secondo Riemann. Teorema fondamentale del calcolo integrale. Metodi di integrazione. Integrali impropri. Serie numeriche. Equazioni differenziali del primo ordine. Equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti. Introduzione agli spazi metrici e agli spazi normati. Convergenza puntuale e uniforme per successioni di funzioni. Compattezza in R^n. Teorema delle contrazioni in uno spazio metrico completo.
Obiettivi di apprendimento. Il corso si propone di illustrare alcuni argomenti di base del calcolo differenziale e integrale. 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
Bibliografia. Sito docente
Testi consigliati.
Enrico Giusti, ANALISI MATEMATICA 1, Bollati Boringhieri.
Modalità di esame.Prova scritta con problemi da risolvere seguita da prova orale
Program. Taylor polynomials with applications. Taylor's formula and estimates for the remainder.Uniform continuity. Riemann's integral. The Fundamental Theorem of Calculus. Integration techniques. Improper integrals. Infinite series and convergence criteria. First-Order ordinary differential equation. Linear ordinary differential equations with constant coefficients. Separable differential equations. An introduction to metric spaces and normed linear spaces. Pointwise anduniform convergence of sequences of functions. Compactness in R^n. The contraction fixedpoint theorem in complet Mathematical Analysis 1e metric space.
Learning objectives. The course unit aims to introduce the basic concepts of differential and integral calculus. The main goal is to make the student an independent earner and to gain the knowledge and the confidence necessary to solve the proposed problems rigorously
Text books.
Enrico Giusti, ANALISI MATEMATICA 1, Bollati Boringhieri.
Exam mode. Written exam and oral discussion
Bibliography. Professor web page

ANALISI MATEMATICA 3 - Secondo anno - *I Semestre - 6 CFU - settore MAT/05 - 48 ore di lezione in aula - Il corso prevede ulteriori ore di tutorato*
Prof. A. Sorrentino
Programma. Richiami e complementi sugli spazi R^N, gli spazi metrici e normati e le funzioni continue tra di essi. Completezza, connessione e compattezza e proprietà relative. 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 differenziabiltà. Gradiente e matrice jacobiana. Differenziale delle funzioni composte. Derivate successive, teorema di Schwarz. Richiami sulle forme quadratiche in R^N. Formula di Taylor per funzioni di piu' 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 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.Teorema di Dini delle

funzioni implicite in due dimensioni. Teorema delle funzioni implicite nel caso generale di più vincoli (con dimostrazione completa). Teorema della funzione inversa, invertibilità locale e globale. Introduzione alla nozione di sottovarietà differenziabile in R^N, equivalenza delle diverse definizioni, spazio tangente e normale, metodo dei moltiplicatori di Lagrange per lo studio dei massimi e minimi vincolati. Integrazione di Riemann in più variabili e misura di Peano-Jordan, formule di riduzione, cenno agli integrali multipli impropri, calcolo dell'integrale di Gauss.Teorema di Green e della divergenza nel piano. Partizioni dell'unità e teorema di cambio di variabili per integrali multipli (con dimostrazione completa). Introduzione ad alcuni spazi normati di dimensione infinita, in particolare spazi di funzioni continue e cenni sul calcolo differenziale in spazi di Banach.
Obiettivi di apprendimento. Apprendimento delle nozioni fondamentali del calcolo differenziale e integrale per funzioni di più variabili.
Testi consigliati.
Fusco, Marcellini, Sbordone, Analisi Matematica due, ed. Liguori
Giusti, Analisi Matematica 2, terza edizione, ed. Boringhieri
Damascelli. Appunti del corso di Analisi Matematica 3
Modalità di esame. Esame scritto e orale
Program. Basic definitions and properties of the euclidean spaces R^N, metric, normed and inner-product spaces. Complete, connected and compact spaces with basic properties. 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.Higher order derivatives, Schwarz theorem. Review of bilinear and quadratic form in 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 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. 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 R^N, Lagrange multiplier theorem.Riemann integration and Peano-Jordan measure in R^N, Fubini's theorem for Riemann integral, improper multiple integrals, Gauss integral.Green's and divergence theorem in the plane.Partitions of unity and change of variable theorem for multiple integrals.Introduction to some infinity dimensional Banach space, in particular spaces of continuous functions. Hints on differential calculus in Banach spaces.
Learning objectives. Learning the basic definitions and results of differential and integral calculus in more than one variable.
Text books.
Fusco, Marcellini, Sborne, Analisi Matematica due, ed. Liguori
Giusti Analisi Matematica 2, terza edizione, ed. Boringhieri
Notes.
Exam mode. Written and oral exam

ANALISI MATEMATICA 4 - Secondo anno - *II Semestre - 7 CFU - settore MAT/05 - 56 ore di lezione in aula - Il corso prevede ulteriori ore di tutorato*
Prof. Piermarco Cannarsa
Programma. Spazi metrici. La funzione distanza da un insieme. Spazi metrici completi. Teorema del punto fisso per contrazioni. Caratterizzazione degli spazi metrici compatti. Teorema di Ascoli-Arzelà. Equazioni differenziali. Esempi di equazioni differenziali ordinarie nelle scienze esatte, naturali e sociali. Problema di Cauchy per sistemi differenziali del primo ordine in forma normale. Teorema di esistenza e unicità di Picard. Teorema di esistenza di Peano. Lemma di Gronwall. Dipendenza continua dai dati. Prolungamento di soluzioni. Esistenza e unicità del prolungamento massimale. Teorema di escursione dai compatti per soluzioni massimali. Prolungabilità in

presenza di una maggiorazione a priori nel caso della striscia. Metodi risolutivi per equazioni di tipo particolare. Globalità delle soluzioni massimali in ipotesi di sublinearità del campo di vettori. Prolungabilità di soluzioni che restano in un compatto. 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. Formula di variazioni delle costanti arbitrarie. Equazioni differenziali lineari di ordine n: Soluzioni fondamentali e matrice wronskiana. Equazioni a coefficienti costanti: equazione caratteristica e sistema fondamentale di soluzioni dell'omogenea. Ricerca di soluzioni particolari con termini noti di tipo speciale (metodo degli annichilatori). Flusso di un campo regolare. Continuità e proprietà di semigruppo del flusso. Punti di equilibrio. Classificazione degli equilibri. Analisi degli equilibri di sistemi lineari autonomi bidimensionali. Funzioni di Liapunov. Teorema di stabilità di Liapunov e criterio di instabilità. Metodo della linearizzazione. Serie di funzioni. Richiami sulle successioni di funzioni. Convergenza puntuale e uniforme e relazioni con continuità, derivata e integrale. 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. Serie di Fourier. Funzioni periodiche. Sviluppi in serie di Fourier. Disuguaglianza di Bessel. Convergenza puntuale e convergenza uniforme della serie di Fourier. Determinazione della migliore costante nelle disuguaglianze di Poincaré. Serie di Fourier complesse. Calcolo differenziale e integrale in più variabili. Formula di Gauss-Green e teorema della divergenza nel piano. Applicazione al calcolo di aree. Insiemi semplicemente connessi. Soluzione del problema isoperimetrico nel piano. Porzioni di superfici regolari. Piano tangente e versore normale. Superfici cartesiane e superfici di rotazione. Parametrizzazioni equivalenti e area di una porzione di superficie regolare. Calcolo delle aree di alcune porzioni di superfici regolari. Integrale di una funzione continua su una porzione di superficie regolare. Teorema della divergenza nello spazio e teorema di Stokes. Varietà differenziabili immerse in spazi euclidei. Spazio tangente e spazio normale in un punto. Punti di estremo vincolato di una funzione. Metodo dei moltiplicatori di Lagrange per la ricerca dei punti di estremo vincolato.

Obiettivi di apprendimento. Acquisire metodologie teoriche e competenze computazionali su spazi metrici, serie di funzioni, equazioni differenziali ordinarie, superfici e integrali superificiali, ottimizzazione vincolata.

Testi consigliati.

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

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 fondametali (comunicate 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.

E. Giusti, Analisi matematica, vol.2, Boringhieri, 2003.

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

Program. Metric spaces. Distance function from a set. Complete metric spaces. Contraction mapping theorem. Characterization of compact metric spaces. Ascoli-Arzelà theorem. Ordinary differential equations. Examples of ordinary differential equations in exact, natural, and social sciences. Cauchy problem for first order differential systems in normal form. Picard's existence and uniqueness theorem. Peano's existence theorem. Gronwall's Lemma. Continuous dependence on initial data. Continuation of solutions. Existence and uniqueness of the maximal solution. Excursion of maximal solutions from compact sets. Continuation under a priori estimates on a strip. Solution methods for special classes of equations. Globality of maximal solutions in the sublinear case. Linear differential systems. Affine structure of the solution set. Fundamental matrix. Dimension of the space of the solutions of a homogeneous system. Linear systems with constant coefficients. Variation of constants formula. Linear differential equations of n-th order. Fundamental solutions and Wronskian matrix. Equations with constant coefficients:

characteristic equation and fundamental system of solutions for homogeneous equations. Solutions of equations in special cases (annihilator method). Flow of a regular vector field. Continuity and semigroup property of the flow. Equilibrium points and their classification. Investigation of equilibrium points of linear autonomous bidimensional systems. Lyapunov functions. Lyapunov stability theorem. Instability criterion. Stability via linearization.
Function series. Pointwise and uniform convergence of function sequences. Connections with continuity, differentiability, and integrability. Functions series. Weierstrass M-test. Cauchy criterion for the uniform convergence of function series. Power series, convergence set, and convergence radius. Abel's Theorem. Analytic functions. Periodic functions. Fourier series expansion. Bessel inequality. Pointwise and uniform convergence of Fourier series. Application to the evaluation of the best constant in Poincaré's inequality. Complex Fourier series.Differential and integral calculus for functions of several variables. Gauss-Green formula and divergence theorem in the plane. Application to the computation of some areas. Simply connected sets. Solution of the isoperimetric problem in the plane. Regular surfaces.Tangent plane and normal versor. Cartesian surfaces and surfaces of revolution. Equivalent parameterizations and area of a regular surface. Areas of some specific regular surfaces. Integral of a continuous function continua over a regular surface. Divergence theorem in dimensions 3 and Stokes' Thorem. Differential manifolds in euclidean spaces. Tangent and normal spaces to a manifold. Extremum points of a function under constraints and Lagrange multiplier method.
Learning objectives. To acquire theoretical methods and computational skills concerning metric spaces, function series, ordinary differential equations, surface integrals, and constrained optimization.
Text books.
C.D. Pagani, S. Salsa: Analisi Matematica, Vol. 2 , ed. Masson.
Bibliography.
Enrico Giusti: Analisi Matematica 2, ed. Bollati- Boringhieri.
W.H. Fleming: Functions of several variables, ed. Springer.
S. Ahmad, A. Ambrosetti: A textbook on ordinary differential equations, ed. Springer.
Exam mode. Written and oral exam

ANALISI MATEMATICA 5 - Terzo anno - *II 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. Tessitore: Lecture notes in dynamic optimization
G. Buttazzo, M. Giaquinta, S. Hildebrandt. One-dimensional Variational Problems. Oxford University Press
Modalità di esame. Una prova scritta e una prova orale. Tutti gli studenti sono ammessi ad entrambe le prove. La prova scritta verrà valutata attraverso un giudizio e in ogni caso non impedisce il sostenimento della 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. Tessitore: Lecture notes in dynamic optimization
G. Buttazzo, M. Giaquinta, S. Hildebrandt. One-dimensional Variational Problems. Oxford University Press
Exam mode. A written exam plus an oral exam. The written exam will be evaluated in any case and cannot prevent any student from having the oral examination, if required.

ANALISI MATEMATICA 6 - Terzo anno - *II 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 triennale in fisica.
Programma. Spazi normati e operatori su di essi. Richiami 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.
O**biettivi 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.
O**biettivi di apprendimento.** Insight view in some themes of mathematical analysis , as tools for the mathematical formulation of quantum mechanics. Ability in solving problems in those subjects.
Testi consigliati. Notes on line, further texts will be pointed out.
Modalità di esame. Oral exam

ANALISI NUMERICA 1 Terzo anno - *I Semestre - 8 CFU - settore MAT/08 - 64 ore di lezione in aula - Il corso prevede ulteriori ore di tutorato*
Prof. Carla Manni
Programma. Il corso illustra i principi della traduzione di modelli matematici in problemi aritmetici risolubili 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 splines.Integrazione numerica. Cenni al trattamento numerico di equazioni differenziali ordinarie.
O**biettivi di apprendimento.** Acquisire le conoscenze di base delle problematiche numeriche legate alla risoluzione di problemi matematici tramite un eleboratore elettronico digitale. Al termine dell''insegnamento lo studente conoscerà i metodi numerici più elementari per l'agebra 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 eleboratore elettronica digitale.
Bibliografia di riferimento:
D. Bini, M. Capovani, O. Menchi, Metodi numerici per l'Algebra Lineare, Zanichelli, Bologna,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 concerneti la risoluzione 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 solved by automatic means. 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 splines 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 At the end of the course, the student will know the most basic numerical methods for the numerical linear algebra and the approximation of data and functions, he/she will be able to identify the possible sources of error in the use of numerical algorithms for the approximation of simple mathematical problems and to interpret the results obtained by programming relative algorithms using a digital computer.

Bibliography.

D. Bini, M. Capovani, O. Menchi, Metodi numerici per l'Algebra Lineare, Zanichelli, Bologna, 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 numerical methods presented in class. The exam test score is given by a mark expressed in thirtieths obtained by the weighted average of the single marks.

ANALISI NUMERICA 2 - Terzo anno - *II 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 quasi-Newton per la minimizzazione di funzioni. Metodi di tipo gradiente e tecniche di precondizionamento per sistemi lineari di grandi dimensioni e ottimizzazione. Le matrici di Toeplitz. Migliore approssimazione di una matrice e/o formule di dislocamento in algebre di bassa complessità.

Obiettivi di apprendimento. Il corso si propone di fornire conoscenze di alcune tecniche di base per l'ottimizzazione e l'algebra lineare e come applicarle in pratica con particolare riferimento alla complessità computazionale.

Testi consigliati.

D. Bertaccini, C. Di Fiore, P. Zellini, Complessità e iterazione numerica, Boringhieri, 2013.

Modalità di esame. Esame orale

Bibliografia:

D. Bertaccini, F. Durastante, Iterative Methods and Preconditioning for Large and
Sparse Linear Systems with Applications

Chapman & Hall/CRC Monographs and Research Notes in Mathematics, 2018.
J. Nocedal, S. Wright, Numerical Optimization, Springer, 2006.
J. E. Dennis, Jr. and Robert B. Schnabel, Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations , SIAM, 1996.

Program. Matrix algebras of low computational complexity. Quasi-Newton methods for functions minimization. Conjugate type methods and preconditioning techniques for large linear systems and optimization. Toeplitz matrices. Best approximation of a matrix and/or displacement formulas in low complexity matrix algebras.

Learning objectives. The course provide knowledge of some algorithms for optimization and linear algebra and how to apply them in practice with particular attention to the computational complexity.

Textbook:
D. Bertaccini, C. Di Fiore, P. Zellini, Complessità e iterazione numerica, Boringhieri, 2013.

Exam mode. Oral examination

Bibliography:
D. Bertaccini, F. Durastante, Iterative Methods and Preconditioning for Large and Sparse Linear Systems with Applications
Chapman & Hall/CRC Monographs and Research Notes in Mathematics, 2018.
J. Nocedal, S. Wright, Numerical Optimization, Springer, 2006.
J. E. Dennis, Jr. and Robert B. Schnabel, Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations , SIAM, 1996.

ANALISI REALE E COMPLESSA Terzo anno - *I Semestre - 8 CFU - settore MAT/05 - 64 ore di lezione in aula*

Prof F. Radulescu (codocente prof. A. Iannuzzi)

Programma. Richiami sulla topologia di 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-Weirstrass, teorema di Picard. I gruppi dei biolomorfismi dei domini semplicemente connessi di $P^{\hat{}1}$(C).

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

Testi consigliati.
Richard L. Wheeden, Antoni Zygmund, Measure and Integral: An Introduction to Real Analysis. Second edition, CRC press 2015.
Donald L. Cohn. Measure Theory. Springer, 2013 Donald Sarason.
Notes on complex function theory, A.M.S. 2007. Henri Cartan.
Elementary theory of analytic functions of one and several variables, Dover Public. Inc., 1995.
Dispense di Analisi reale e complessa di Claudio Rea.
http://www.mat.uniroma2.it/~geo2/ARC2016/ARC2016Rea2007.pdf

Modalità di esame. Prova scritta e orale.

Program. The topology of R^n and Riemanns integral, Lebesques measure. Measurable functions, Lebesques 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, Moreras theorem. Cauchys integral formula and its consequences. The local theory of holomorphic functions. Singular points. The residue theorem. Applications to integrals computations. Meromorphic functions. Casprati-Weirstrass's theorem, Picard's theorem. The automorphisms of simply connected domains in $P^{\hat{}1}$(C).

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

Text books.

Richard L. Wheeden, Antoni Zygmund. Measure and Integral: An Introduction to Real Analysis. Second edition, CRC press 2015.
Donald L. Cohn. Measure Theory. Springer, 2013 Donald Sarason.
Notes on complex function theory, A.M.S. 2007.
Henri Cartan. Elementary theory of analytic functions of one and several variables, Dover Public. Inc., 1995.
Dispense di Analisi reale e complessa di Claudio Rea.
http://www.mat.uniroma2.it/~geo2/ARC2016/ARC2016Rea2007.pdf
Exam mode.Written and oral exam.

CRITTOGRAFIA - Terzo anno - I 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.
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 arithmetics and elementary number theory. In particular, modular arithmetic, Finite fields, prime numbers and their distribution, primality tests, discrite 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 codici Collana:UNITEXT.
A. Laniguasco, A. Zaccagnini Manuale di Crittografia , Hoepli, 2015.
S. Vaudenay, A classical introduction to cryptography , Springer, 2006
Exam mode. Oral exam

FISICA 1 - Secondo anno - I 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 fondamentali, gravitazione, leggi di Keplero, forza elettromagnetica, forze elastiche, attrito, 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.
Mazzoldi, nigro, voci - Fisica volume 1 - edises - isbn 9788879591379
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.

Mazzoldi nigro voci Fisica volume 1 edises - isbn 9788879591379

Exam mode. Written and oral exam, itinere valutation.

FISICA 2 - Terzo anno - I Semestre - *7 CFU - settore FIS/01 - 56 ore di lezione in aula - Il corso prevede ulteriori ore di tutorato*

Prof. E. Santovetti

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 Ampere - campi magnetico prodotto da una corrente e prima formula elementare di Laplace - teorema della circuitazione di Ampere 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 Ampere-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. Mazzoldi Nigro Voci: Fisica vol II – Edises.

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 - Ampere equivalence theorem - magnetic fields generated by a current and first elementary Laplace formula – Ampere’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 Ampere-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. Mazzoldi Nigro Voci: Fisica vol II – Edises.

Exam mode. Written and oral exam

FISICA MATEMATICA 1 - Secondo anno - *II Semestre - 8 CFU - settore MAT/07 - 64 ore di lezione in aula - Il corso prevede ulteriori ore di tutorato*

Prof. U. Locatelli

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 integrabil**i.**

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, redatte dai prof. G. Benfatto, A. Giorgilli, C. Liverani e, in parte, dal docente stesso. I riferimenti più adatti per ciascun argomento sono indicati sul diario delle lezioni, reperibile al sito dedicato al corso:http://www.mat.uniroma2.it/~locatell/FM1/index.html

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**.**

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.

Text books:

Some notes written by profs. G. Benfatto, A. Giorgilli, C. Liverani and, partially, by the teacher of the course. All this material is freely available on internet and the most suitable references, for each argument, are addressed by following links that are listed in the logbook of the course, dynamically updated on the website http://www.mat.uniroma2.it/~locatell/FM1/index.html

FISICA MATEMATICA 2 - Terzo anno - *II Semestre - 8 CFU - settore MAT/07 - 64 ore di lezione in aula - Il corso prevede ulteriori ore di tutorato*

Prof. A. Pizzo

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 Italia**.**

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 Italia

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

FONDAMENTI DI PROGRAMMAZIONE: METODI EVOLUTI - Terzo anno - *II Semestre - 6 CFU - settore INF/01 - 48 ore di lezione in aula*

Prof. Enrico 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. Acquisire gli elementi fondamentali per lo sviluppo di sistemi informatici

Testi consigliati.

Bertrand Meyer Touch of Class: Learning to Program Well with Objects and Contracts
Springer

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. Provide to students the fundamenta.concepts needed during informatics systems development.

Text books.

Bertrand Meyer, Touch of Class: Learning to Program Well with Objects and Contracts, Springer
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 - Primo anno - I Semestre - *9 CFU - settore MAT/03 - 72 ore di lezione in aula - Il corso prevede ulteriori ore di tutorato*
Prof. Antonio Rapagnetta (codocente Prof. P.Lipparini)
Programma. Sistemi lineari. Spazi vettoriali. Applicazioni lineari. Applicazioni lineari diagonalizzabili. Forme bilineari. Geometria affine ed euclidea.
Obiettivi di apprendimento. Nozioni di base di Geometria nei contesti affine e euclideo e dell'Algebra Lineare e Multilineare.
Testi consigliati.
E. Sernesi Geometria I
Modalità di esame. Esame scritto: risoluzione autonoma di esercizi. Esame orale: esposizione rigorosa di argomenti del corso**.**
Program. Linear systems. Vector spaces. Linear maps. Diagonalizability. Bilinear forms. Affine and euclidean geometry**.**
Learning objectives. The goal of the course is the learning of basic topics of Geometry affine and euclidean and Linear/Multinlinear Algebra.
Text books.
E. Sernesi Geometria I
Exam mode. Writen part: independent solution of exercises. Oral part: rigorous exposition of some topis of the course.

GEOMETRIA 2 CON ELEMENTI DI STORIA 2 - Primo anno - *II Semestre - 10 CFU - settore MAT/03 - 80 ore di lezione in aula)*
Prof. G. Pareschi (codocente Prof. V. Di Gennaro)
Programma. ALGEBRA LINEARE: Diagonalizzazione. Soazi vettoriali quoziente. Teorema di Cayley-Hamilton. Forma canonica di Jordan. Forme bilineari e quadratiche. Algebra multilineare (cenni). GEOMETRIA AFFINE: Spazi affini. Applicazioni affini. IL gruppo delle affinità e sottogruppi rilevanti. Riferimenti affini. Cambiamenti di coordinate affini. CLassificazione affine delle coniche affini. GEOMETRIA EUCLIDEA: Prodotti scalari. Applicazioni ortogonali. Isometrie. Classificazione delle isometrie in dimensione 2 e 3. Sottogruppi finiti di isometrie. Classificazione euclidea delle coniche affini. Il caso complesso.
GEOMETRIA PROIETTIVA: Spazi proiettivi. Geomeria dei sottospazi lineari. Coordinate omogenee, proiettività. Geometria affine vs geometria proiettiva. Relazione tra il gruppo proiettivo e il gruppo affine. Coniche proettive e loro classificazione. Relazione con le coniche affini.
Obiettivi di apprendimento. Il corso è la naturale prosecuzione del corso GEOMETRIA 1 CON ELEMENTI DI STORIA 1. Specificamente l'obiettivo del corso è l'apprendimento di argomenti-base di Geometria in vari contesti (affine, euclidea, proiettiva), di Algebra Lineare e Multilineare e di alcuni aspetti storici.
Testi consigliati.
E. Sernesi: Geometria 1. Boringhieri
M. Artin: Algebra. Boringhieri
Modalità di esame. Esame scritto ed orale. Esame scritto: risoluzione autonoma di esercizi.
Esame orale: esposizione rigorosa di argomenti del corso.
Program. LINEAR ALGEBRA. Diagonalization. Quotient vector spaces. Cayley-Hamilton theorem. Jordan canonical form. Bilinear and quadratic forms. Some elements of multilinear algebra. AFFINE GEOMETRY Affine spaces. Affine maps. The group of affinities and relevant subgroups. Affine frames. Change of coordinates. Affine classification of affine conics. EUCLIDEAN GEOMETRY Inner products. Orthogonal maps. Isometries. Classification of isometries in dimension 2 and 3. Finite subgroups of isometries. Euclidea classification of affine conics. The complex case. PROJECTIVE GEOMETRY Projective spaces. Geometry of linear

subspaces. Homogeneous coordinates and projectivities. Affine geometry vs projective geometry. The affine group vs the projective group. Classification of projective conics. Relation with affine conics.
Learning objectives. Learning of basic topics of Geometry 9affine, euclidean, projective) and Linear/Multinlinear Algebra**.**
Text books.
E. Sernesi: Linear Algebra, a geometric approach. CRC Press
M. Artin. Algebra. Prentice Hall
Exam mode. Written and oral exam. Writen part: independent solution of exercises.
Oral part: rigorous exposition of some topis of the course.

GEOMETRIA 3 - Secondo anno - I Semestre - *7 CFU - settore MAT/03 - 56 ore di lezione in aula - Il corso prevede ulteriori ore di tutorato*
Prof. F. Tovena (codocente Prof. F. Flamini)
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 Brower. 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
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 sopra esposte.
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 objective. This is an introductory course in general and algebraic topology
Text books.
C. Kosniowski, A First Course in Algebraic Topology, Cambridge University Press
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 - Secondo anno - II Semestre - *7 CFU - settore MAT/03 - 56 ore di lezione in aula - Il corso prevede ulteriori ore di tutorato in aula*
Prof. Ciro Ciliberto
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 formaquadratica 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. Studio delle proprietà topologiche e differenziali di curve e superficie nello spazio 3 dimensionale.
Testi consigliati.
M. Abate, F. Tovena, Curve e superfici, Ed. Springer Italia.
M.M. Lipschutz, Geometria differenziale, Ed. Schaum.
Modalità di esame. L'esame consiste di una prova scritta ed una orale, entrambe obbligatorie. La prova scritta, della durata di tre ore, consiste nella risoluzione di esercizi alcuni dei quali potranno essere di carattere teorico. Il test comprende cinque domande a risposta multipla. Ogni domanda a cui si è risposto in modo corretto ha il valore di sei punti, ogni domanda in cui non si è risposto in modo corretto ha il valore di zero punti. La prova sarà considerata sufficiente se lo studente svolge in modo totalmente corretto almeno tre esercizi. La prova orale consisterà in domande su tutto il programma svolto ed anche sulla prova scritto. Si perverrà alla fine ad un voto espresso in trentesimi. La prova scritta e quella orale concorrono in egual misura alla determinazione del voto finale.
Program. Differentiable curves. Lenght of an arc and natural parameters. Curvature and torsion. Frenet formulae. Existence and unicity. Regular surfaces in 3-space. Differential forms. Firstquadratic form. Area. Gauss map. Second quadratic form. Theorema Egregium. Gauss Weingarten formulae. Existence and unicity. Geodesics. Gauss-Bonnet theorem. Some classification theorems.
Learning objectives. Study of topological and differenziable properties of curves and surfaces in the 3 dimensional space.
Text books.
M. Abate, F. Tovena, Curve e superfici, Ed. Springer Italia;
M.M. Lipschutz,Geometria differenziale, Ed. Schaum.
Exam mode. The exam consists in a written exam and in an oral one, both mandatory. The written exam, which lasts three hours, consists in the solution of exercises, some of them can be of theoretical nature. The written exam consists of five questions. Each question contributes to the final vote of the written exam with a votation of six points, if the answer is given correctly, with zero points otherwise. The written exam is considered to be sufficient if the candidate gives the right answer to at leats three questions. The oral exam consist in questions on all the topics presented in the course. The final vote is given on basis of thirty. The written and oral exam contribute equally in the determination of the final vote.

GEOMETRIA 5 - Terzo anno - II 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.
Topologia algebrica di Hatcher.
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.
Algebraic Topology of Hatcher.
Exam mode. Orale exam: rigorous exposition of some topis of the course.

LABORATORIO DI CALCOLO 2 - Terzo anno - *I Semestre - 4 CFU - settore INF/01 - 40 ore di lezione in laboratorio - Il corso prevede ulteriori ore di tutorato*
Prof. A. Celletti
Programma. Il corso verte sull'apprendimento della programmazione di algoritmi matematici in MATLAB. In particolare si elaboreranno programmi in MATLAB sui seguenti argomenti: 1. Aspetti algoritmici 2. Algebra lineare, vettori, matrici 3. Funzioni, input e output 4. For, while, break, if, switch 5. Grafica 2D e 3D 6. Esempi: integrali e successioni 7. Serie di Taylor e di Fourier 8. Soluzione di ODE 9. Fast Fourier Transform (FFT).
Obiettivi di apprendimento. Solide basi per la programmazione di algoritmi matematici attraverso il linguaggio MATLAB.
Testi consigliati.
Dispense fornite dal docente, tutorial disponibile sul sito di MATLAB:
https://it.mathworks.com/help/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 program concerns learning of programming of mathematical algorithms in MATLAB. In particular, MATLAB programs on the following topics will be proposed: 1. Algorithmic aspects 2. Linear algebra vectors, matrices 3. Functions, input and output 4. For, while, break, if, switch 5. Graphics in 2D and 3D 6. Examples: integrals and series 7. Taylor and Fourier series 8. Solutions of ODEs 9. Fast Fourier Transform (FFT).
Learning objectives. Solid basis for programming mathematical algorithms through the MATLAB language.
Text books.
Lecture notes given by the teacher
tutorial available on the MATLAB web site: https://it.mathworks.com/help/matlab/
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- *Primo anno - II Semestre - 10 CFU - settore INF/01 - ore di lezione in laboratorio -*
Prof. 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*, *mergesort, quicksort*. 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.
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

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 ammessao 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 ,mergesort and quicksort 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.

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 con rigorously the proposed problems.

Text books.

H.Deitel,P.Deitel:Il linguaggio C-Fondamenti e Tecniche di Programmazione, Pearson Education.

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 areadmitted to the oral exam, mainly dedicated to theory.

LABORATORIO DI SPERIMENTAZIONE DI FISICA - Terzo anno - I Semestre - *3 CFU - settore FIS/01 - 30 ore di lezione in laboratorio - 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.

V. Canale, Fisica in laboratorio. Meccanica e Termodinamica, Aracne ed. (2007)

M. Severi, Introduzione all'Esperimentazione di Fisica, Zanichelli ed. (1986).

M. Loreti, Teoria degli errori e fondamenti di statistica, Zanichelli ed. (1998).

J.R.Taylor, Introduzione all' analisi degli errori, Zanichelli ed. (1982).

R. Cervellati, D. Malosti, Elettronica. Esercitazioni per il laboratorio di fisica, Euroma La Goliardica ed (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. V. Canale, Fisica in laboratorio. Meccanica e Termodinamica, Aracne ed. (2007)

M. Severi, Introduzione all'Esperimentazione di Fisica, Zanichelli ed. (1986).

M. Loreti, Teoria degli errori e fondamenti di statistica, Zanichelli ed. (1998).

J.R.Taylor, Introduzione all' analisi degli errori, Zanichelli ed. (1982).

R. Cervellati, D. Malosti, "Elettronica. Esercitazioni per il laboratorio di fisica", Euroma La Goliardica ed (1986).

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

PROBABILITÀ E FINANZA - Terzo anno - *I Semestre - 6 CFU - settore MAT/06 - 48 ore di lezione in aula*

Prof. 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, 2016.

D. Lamberton, B. Lapeyre: Introduction to stochastic calculus applied to finance. Second Edition. 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) 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/hdging) 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, 2016.

D. Lamberton, B. Lapeyre: Introduction to stochastic calculus applied to finance. Second Edition. 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 - Secondo anno - *II Semestre - 9 CFU - settore MAT/06 - 72 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.

Baldi Calcolo delle Probabilità e Statistica, McGraw Hill

Caravenna - Dai Pra Probabilità, Springer

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.

Caravenna - Dai Pra Probabilità, Springer

Baldi Calcolo delle Probabilità e Statistica, McGraw Hill

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

STATISTICA- Terzo anno - II 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.

Casella & Berger Statistical Inference, Duxbury 2001

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.

Casella & Berger Statistical Inference, Duxbury 2001

Documentazione R

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