

## CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN MATEMATICA

### INFORMAZIONI

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

Coordinatore corso di laurea: Prof. Stefano Trapani

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

E-mail [dida@mat.uniroma2.it](mailto: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 il Prof. Stefano Trapani.

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 **16 al 27 Luglio 2018 e dal 3 al 14 Settembre 2018 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.

**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 quiz a scelta 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).

Per partecipare alla prova di valutazione (che, nel seguito chiameremo anche “**test**”) è **necessario prenotarsi**. La prenotazione al test si effettua online tramite il sito [delphi.uniroma2.it](http://delphi.uniroma2.it) e richiede il pagamento di un **contributo per la partecipazione**.

La **prova** di valutazione si terrà il **7 Settembre 2018**. Eventuali prove di recupero del test saranno pubblicate su [www.mat.uniroma2.it/didattica](http://www.mat.uniroma2.it/didattica). 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 **18 Settembre al 28 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](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. 40 borse di studio e 2 borse aggiuntive riservate agli studenti che si iscriveranno al primo anno di un corso di laurea in Matematica per l'a.a. 2018-19. La selezione avviene attraverso una prova scritta di argomento matematico, che si terrà in data **11 settembre 2018, 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](http://www.altamatematica.it)

**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](http://www.mat.uniroma2.it/didattica)

Ulteriori informazioni si possono anche ottenere per posta elettronica all'indirizzo

[dida@mat.uniroma2.it](mailto:dida@mat.uniroma2.it)

### **Presentazione del corso**

Il Corso di laurea offre la possibilità di capire le basi della matematica, di usare gli strumenti informatici e di calcolo, di comprendere e di usare i modelli matematici e statistici in mille possibili applicazioni 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. Il dipartimento di Matematica è ai vertici di molte graduatorie di istituti di ricerca, sia italiani (VQR - valutazione della ricerca nazionale) che internazionali (ad esempio lo Shanghai Global Ranking of Academic Subjects 2017 – Mathematics). Nell'ultima graduatoria nazionale il Dipartimento di Matematica è risultato primo nella classifica MIUR dei progetti relativi ai "Dipartimenti di Eccellenza" nella classe di Matematica.

### **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

sommara. 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 ([www.mat.uniroma2.it/didattica/regole.php](http://www.mat.uniroma2.it/didattica/regole.php)) si trova il Regolamento che con i suoi articoli disciplina e specifica gli aspetti organizzativi del corso di laurea.

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

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

### Elenco dei corsi attivati e didattica erogata nell'A.A. 2018/19

#### 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	FIS/01	7+3	1	Obbl.

	di fisica				
FM2	Fisica Matematica 2	MAT/07	8	2	Obbl.
	<i>Analisi matematica 5</i>	MAT/05	6	2	Opz.
	<i>Crittografia</i>	MAT/03	6	2	Opz.
	<i>Fondamenti di programmazione: metodi evoluti</i>	INF/01	6	2	Opz.
	<i>Probabilità e finanza</i>	MAT/06	6	1	Opz.
	<i>Statistica</i>	MAT/06	6	2	Opz.
	<i>Algebra 3</i>	MAT/02	6	1	Opz.
	<i>Geometria 5</i>	MAT/03	6	2	Opz.
	<i>Analisi numerica 2</i>	MAT/08	6	2	Opz.

**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.

A causa delle variazioni del numero dei crediti introdotte negli scorsi anni può accadere che uno studente, pur seguendo le indicazioni della guida, presenti un piano di studio che non comprenda tutti i 180 CFU previsti per conseguire la laurea. Questa eventualità è prevista nella fase “di transizione” e lo studente che si trovi in tale situazione è invitato a rivolgersi al Coordinatore del Corso di Studio, prof. Trapani, per indicazioni specifiche.

Di seguito è riportata la programmazione didattica con tutti gli esami del triennio riservati agli studenti che si immatricolano nell’A.A. 2018/19:

#### 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.
	<i>Crittografia</i>	MAT/03	6		Opz.
	<i>Fondamenti di programmaz.: metodi evoluti</i>	INF/01	6		Opz.
	<i>Probabilità e finanza</i>	MAT/06	6		Opz.
	<i>Statistica</i>	MAT/06	6		Opz.
	<i>Geometria 5</i>	MAT/03	6		Opz.
	<i>Analisi matematica 5</i>	MAT/05	6		Opz.
	<i>Analisi numerica 2</i>	MAT/08	6		Opz.
	<i>Algebra 3</i>	MAT/02	6		Opz.

### Calendario 2018/2019

I corsi hanno durata semestrale. I corsi del primo semestre si terranno dal 1 Ottobre 2018 al 18 Gennaio 2019 eccetto i corsi del primo anno che termineranno il 25 Gennaio 2019. Quelli del secondo semestre, dal 4 marzo 2019 al 7 Giugno 2019. I corsi del primo semestre del primo anno avranno una settimana di interruzione delle lezioni dal 19 al 23 Novembre 2018. Durante questa settimana si svolgeranno eventuali prove di esonero. Il 20 Settembre 2018 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), nella sessione estiva (giugno-luglio) ed in quella autunnale (settembre).

### 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 curricolare, il Consiglio ogni anno stabilisce un elenco di corsi fruibili da:

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

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

### **Piani di studio**

Entro il mese di 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](http://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 questo tipo di prova finale, viene fornito un apposito corso di Preparazione all'Esame di Cultura (PEC) che sarà tenuto nel secondo semestre. Questa scelta è particolarmente indicata per chi intende proseguire gli studi con la Laurea magistrale.

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 inserirsi nel 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.

### **Premi per la laurea triennale**

Il Dipartimento di Matematica dell'Università di Roma "Tor Vergata" bandisce per gli anni accademici 2018-19 e 2019-20 dei premi per studenti meritevoli iscritti al corso di laurea Triennale in Matematica dell'Università di Roma "Tor Vergata". Nell'anno accademico 2018-19 sono previsti fino a 5 premi da 500 euro (comprensivi degli oneri riflessi) ciascuno per gli studenti che abbiano completato il loro primo anno di corso rispettando i requisiti riportati nei paragrafi successivi. Nell'anno accademico 2019-20 sono previsti fino a 5 premi dello stesso importo per studenti che abbiano completato il loro secondo anno di corso rispettando i requisiti riportati nei paragrafi successivi. Requisiti:

- A.A. 2018-2019. Possono candidarsi al premio gli studenti che siano iscritti al secondo anno in corso e che abbiano superato tutti gli esami del primo anno (ad eccezione eventualmente della prova di Lingua Inglese), con una votazione minima di 25/30 ed una media pesata di almeno 28,5/30 entro la sessione invernale del primo anno. I candidati

al premio dovranno presentare al coordinatore del corso di studi la lista degli esami conseguiti con i relativi voti entro il 1 Aprile 2020.

- A.A. 2019-2020. Possono candidarsi al premio gli studenti che siano in corso e che abbiano superato tutti gli esami del secondo anno entro la sessione invernale, con una votazione minima di 25/30 ed una media pesata di almeno 28,5/30. Inoltre devono aver superato tutti gli esami del primo anno. I candidati al premio dovranno presentare al coordinatore del corso di studi la lista degli esami conseguiti con i relativi voti entro il 1 Aprile 2021.

I vincitori del premio saranno scelti sulla base della votazione media degli esami. Il bando, appena disponibile, sarà pubblicato sul sito del dipartimento di Matematica.

### **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](http://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 nei settori MAT nel corso di studio di provenienza. In tal caso, occorre seguire l'apposita procedura prevista dal sito dei servizi on-line di Ateneo.

### **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. Fabio Gavarini**

**Programma.** Fondamenti di algebra: insiemi, applicazioni, relazioni, struttura algebriche (gruppi, anelli, azioni, ecc.).

**Obiettivi di apprendimento.** Conseguire una buona conoscenza delle strutture algebriche fondamentali, includendo alcuni esempi (e controesempi) significativi e applicazioni notevoli delle nozioni in esame.

**Testi consigliati.**

- G. M. Piacentini Cattaneo "Algebra. Un approccio algoritmico", ed. Zanichelli, 1996
- G. Campanella, "Appunti di Algebra 1 e 2 con esercizi", ed. Nuova Cultura, La Sapienza.
- I. N. Herstein, "Algebra", Editori Riuniti, 2010.
- S. Lang, "Algebra", Graduate Texts in Mathematics Volume 211, Springer Verlag, 2002

**Modalità di esame.** L'esame consiste in una prova scritta e una prova orale; la prova orale deve essere sostenuta dopo aver superato la prova scritta.

**Program.** Foundations of algebra: sets, maps, relations, algebraic structures (groups, rings, etc.).

**Learning objectives.** To achieve a good knowledge of the fundamental algebraic structures, including some remarkable examples (and counterexamples) and outstanding applications of the notions under scrutiny.

**Text books.**

- G. M. Piacentini Cattaneo "Algebra. Un approccio algoritmico", ed. Zanichelli, 1996
- G. Campanella, "Appunti di Algebra 1 e 2 con esercizi", ed. Nuova Cultura, La Sapienza.
- I. N. Herstein, "Algebra", Editori Riuniti, 2010.
- S. Lang, "Algebra", Graduate Texts in Mathematics Volume 211, Springer Verlag, 2002

**Exam mode.** The exam amounts to a written test and an oral one; students must face the oral test only after they have passed the written one.



**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. Ilaria Damiani**

**Programma.** Domini euclidei, domini a ideali principali, domini a fattorizzazione unica.

Classificazione dei moduli finitamente generati su domini a ideali principali (e dei gruppi abeliani finitamente generati).

Azioni di gruppo e G-insiemi.

Gruppi: p-gruppi e teoremi di Sylow; gruppi risolubili.

Cenni di algebra tensoriale e multilineare.

Campi: estensioni di campi; costruzioni con riga e compasso; teorema di corrispondenza di Galois; risolubilità per radicali.

**Obiettivi di apprendimento.** Apprendimento e acquisizione dei principali risultati sulla struttura dei gruppi, degli anelli, dei campi. Raggiungimento di un buon livello di autonomia nell'impostazione e risoluzione di un problema algebrico. Introduzione al linguaggio, ai concetti e agli strumenti elementari dell'algebra moderna.

**Testi consigliati.**

- I. N. Herstein - Algebra/Topics in Algebra

- M. Artin - Algebra

- N. Jacobson - Basic Algebra I.

**Modalità di esame.** L'esame consiste in una prova scritta e in una prova orale.

Per accedere alla prova orale è necessario aver superato la prova scritta con la votazione di almeno 18/30. Il voto dell'esame, in trentesimi, tiene conto dell'esito della prova scritta e della prova orale. Durante l'esame non è consentito l'uso di libri, dispense, appunti, calcolatrici, telefoni e altri dispositivi elettronici. Durante la prova scritta non è consentito uscire dall'aula, salvo emergenze.

Le prove orali sono pubbliche. La prova orale può essere sostenuta anche in un appello e in una sessione diversi da quelli in cui è stata superata la prova scritta.

Chi non abbia ancora superato l'esame può accedere ad ogni prova scritta; chi non abbia ancora superato l'esame ma abbia superato una prova scritta può accedere ad ogni prova orale.

Per ogni prova di esame (scritta o orale) a cui si vuole partecipare è necessaria una prenotazione nei giorni precedenti attraverso il sito Delphi.

Chi non si presenti ad una prova di esame (scritta o orale) o non la superi deve reinscrivere attraverso il sito Delphi all'appello in cui vuole sostenere la prova successiva.

In caso di disabilità, di problemi medici, o di altre problematiche, gli esami si svolgeranno secondo le prescrizioni dell'ufficio CARIS, a cui gli studenti e le studentesse interessati/e devono rivolgersi prima di presentarsi all'esame.

**Program.** Euclidean domains, principal ideal domains, unique factorizations domains.

Classification of finitely generated modules over principal ideal domains (and of finitely generated abelian groups).

Group actions and G-sets.

Groups: p-groups and Sylow theorems; solvable groups.

Short introduction to tensor algebra and multilinear algebra.

Fields: extensions of fields; constructions with ruler and compass; Galois correspondence theorem; solvability by radicals.

**Learning objectives.** Euclidean domains, principal ideal domains, unique factorizations domains.

Classification of finitely generated modules over principal ideal domains (and of finitely generated abelian groups).

Group actions and G-sets.

Groups: p-groups and Sylow theorems; solvable groups.

Short introduction to tensor algebra and multilinear algebra.

Fields: extensions of fields; constructions with ruler and compass; Galois correspondence theorem; solvability by radicals.

**Text books.**

I. N. Herstein - Algebra/Topics in Algebra

M. Artin - Algebra

N. Jacobson - Basic Algebra I

**Exam mode.** The student's knowledge will be tested via a written examination and an oral examination. Being successful (with at least 18/30) in the written examination is prerequisite to be admitted to the oral examination. Books, notes and electronic devices are not admitted during the exams. In order to be admitted to an examination it is necessary to register through the website Delphi.

### **ALGEBRA 3- Terzo anno- I Semestre – 6 CFU - settore MAT/02– 48 ore di lezione in aula**

**Prof. Renatus Johannes Schoof**

**Programma.** La teoria di campi; teoria dei numeri

**Obiettivi di apprendimento.** Si tratta di un proseguimento dei corsi di Algebra 1 e 2. Il corso intende offrire agli studenti gli strumenti necessari per uno studio più approfondito di tematiche algebriche e competenze utili per i successivi corsi di algebra e geometria. Infine, i testi consigliati sono in inglese, al fine di abituare gli studenti all'uso di lingue diverse dall'italiano in ambito scientifico.

**Obiettivi di apprendimento.** Milne, J.: Algebraic Number Theory, Lecture Notes 2009 (pdf).

- Samuel, P.: Théorie algébrique des nombres, Hermann, Paris 1971.

- Schoof, R.: Algebraic Number Theory, dispense Università di Trento 1994. (pdf)

- Schoof, R.: Algebraic Number Theory, dispense Università di Roma 2003. (pdf)

**Obiettivi di apprendimento.** Esame scritto

**Program.** The theory of fields; number theory

**Learning objectives.** This is a continuation of the Algebra 1 and Algebra 2 courses. The course aims to provide the students with the right tools to approach deep algebraic topics and the necessary background for more advanced courses in Algebra and Geometry. Moreover, the suggested bibliography in English will help them to develop a good understanding of scientific literature in a foreign language

**Text books.**

- Milne, J.: Algebraic Number Theory, Lecture Notes 2009 (pdf).

- Samuel, P.: Théorie algébrique des nombres, Hermann, Paris 1971.

- Schoof, R.: Algebraic Number Theory, dispense Università di Trento 1994. (pdf)

- Schoof, R.: Algebraic Number Theory, dispense Università di Roma 2003. (pdf)

**Exam mode.** Written exam

### **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  $\mathbb{Z}$  e  $\mathbb{Q}$  e non numerabilità di  $\mathbb{R}$ . 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.

**Obiettivi di apprendimento.** Il corso si propone di illustrare alcuni concetti base del calcolo in una variabile. 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.** Enrico Giusti, ANALISI MATEMATICA 1, Bollati Boringhieri.

**Modalità di esame.** Prova scritta e orale

**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, notable special limits, limsup and liminf. Main properties of continuous functions. Weierstrass theorem and intermediate value theorem. Differential calculus: the notion of derivative and its basic properties. Theorems of Fermat, Rolle, Lagrange and Cauchy. De L'Hospital theorems. Convex functions and their properties

**Learning objectives.** In this course we intend to illustrate some basic concepts of calculus in one variable. The goal is to allow students to critically elaborate on such concepts, and to be able to solve, in a rigorous way, the problems proposed in the course.

**Text books.** Enrico Giusti, ANALISI MATEMATICA 1, Bollati Boringhieri.

**Exam mode.** Written and oral exam

**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**

**Prof. Daniele Guido (codocente Prof. Alessio Porretta)**

**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.

**Testi consigliati.** Enrico Giusti, ANALISI MATEMATICA 1, Bollati Boringhieri.

**Modalità di esame.** Prova scritta e 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 and uniform convergence of sequences of functions. Compactness in  $R^n$ . The contraction fixed point theorem in complete metric spaces

**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 learner 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 and oral exam

**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. Lucio Damascelli**

**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 differenziabilità. 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 più variabili con resto in forma di Peano o di Lagrange. Massimi e minimi liberi per funzioni scalari di più variabili, criteri basati sul segno della matrice hessiana. Curve in  $R^N$ , 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  $\mathbb{R}^N$ , 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.** 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  
Appunti integrativi a cura del docente.

**Modalità di esame.** Esame scritto e orale

**Program.** Basic definitions and properties of the euclidean spaces  $\mathbb{R}^N$ , 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  $\mathbb{R}^N$ . Taylor formula for functions of several variables, Peano's and Lagrange's remainder. Maxima and minima for functions of several variables, criteria based on the sign of the Hessian matrix. Curves in  $\mathbb{R}^N$ , length of a curve, natural parametrization. Curvilinear integral of the first kind for scalar functions. Some notions on curvature of planar and space curves. Vector fields, linear differential forms and curvilinear integrals of the second kind. Closed and exact forms, simply connected domains, homotopy invariance for integrals of closed forms. Dini's implicit function theorem for functions of two variables. General Implicit functions theorem. Inverse function theorem, local and global invertibility. Introduction to the notion of an embedded manifold in  $\mathbb{R}^N$ , Lagrange multiplier theorem. Riemann integration and Peano-Jordan measure in  $\mathbb{R}^N$ , 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.** Basic definitions and results of differential and integral calculus in several variables.

**Text books.** Fusco, Marcellini, Sbordone, *Analisi Matematica due*, ed. Liguori  
Giusti *Analisi Matematica 2*, terza edizione, ed. Boringhieri  
Appunti integrativi a cura del docente.

**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 annihilatori). Flusso di un campo regolare. Continuità e proprietà di semigruppato 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. Parametrazioni 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 superficiali, ottimizzazione vincolata

**Testi consigliati.** C.D. Pagani, S. Salsa : *Analisi Matematica*, Vol. 2 , ed. Masson. 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.

**Modalità di esame.** Prova scritta e orale

**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 vector. 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 over a regular surface. Divergence theorem in dimensions 3 and Stokes' Theorem. 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.** acquiring methodologies, both theoretical and computational about metric spaces, sequences and series of functions, ordinary differential equations, surfaces and surface integrals, optimization with constraints

**Text books.** C.D. Pagani, S. Salsa : *Analisi Matematica*, Vol. 2 , ed. Masson. 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- Il Semestre – 6 CFU - settore MAT/05 – 48 ore di lezione in aula**

**Prof. Andrea Braides**

**Programma.** Metodi classici del Calcolo delle Variazioni. Derivazione delle equazioni di Eulero-Lagrange, ed esempi di loro soluzioni per problemi classici. Esempi di non esistenza. Metodi diretti del Calcolo delle Variazioni. Introduzione alle soluzioni deboli, agli spazi di Sobolev e alla teoria delle distribuzioni. Convergenze deboli e proprietà di semicontinuità. Teoremi di esistenza. Ruolo della convessità. Problemi con mancanza di esistenza. Soluzioni generalizzate e rilassamento. Applicazioni. Cenni alla convergenza di funzionali.

**Obiettivi di apprendimento.** Il corso si incentra sul problema dello studio dei minimi di funzionali (ovvero funzioni reali che dipendono da funzioni), con lo scopo di esaminare come i ragionamenti finito-dimensionali visti nei primi corsi di Analisi debbano essere adattati per poter essere estesi a dimensione infinita. A tale scopo si dovranno trovare i giusti spazi di definizione, le giuste nozioni di convergenza, e le estensioni opportune dei teoremi relativi all'esistenza e alla caratterizzazioni dei punti di minimo. Il corso sarà un'occasione per ripercorrere metodi classici, introdurre nozioni fondamentali della matematica moderna legate all'Analisi funzionale e dare una introduzione elementare ad alcune applicazioni.

**Testi consigliati.** B. Dacorogna. *Introduction to the Calculus of Variations*. Imperial College Press

G. Buttazzo, M. Giaquinta, S. Hildebrandt. *One-dimensional Variational Problems*. Oxford University Press

A. Braides. *Gamma-convergence for Beginners*. Oxford University Press

**Modalità di esame.** Esame orale

**Program.** Classical methods in the Calculus of Variations. Derivation of Euler-Lagrange equations, and examples of their solutions for classical problems. Examples of non-existence. Direct methods in the Calculus of Variations. Introduction to weak solutions, Sobolev spaces and the theory of distributions. Weak convergences and lower-semicontinuity properties. The role of convexity. Generalized solutions and relaxation. Applications. Convergence of functionals.

**Learning objectives.** The course will focus on the problem of the study of minima of functionals (that is, real-valued functions depending on functions), with the scope of examining how finite-dimensional arguments studied in the first courses of Analysis must be adapted to be extended to infinite-dimensional spaces. To that end, there have to be found the right spaces where functionals have to be defined, the correct notions of convergence, and the suitable extensions of theorems concerning the existence and the characterization of minimum points. The course will be an occasion to retrace classical methods, introduce fundamental notions of modern Mathematics connected to Functional Analysis, and give an elementary introduction to applications.

**Text books.** B. Dacorogna. *Introduction to the Calculus of Variations*. Imperial College Press

G. Buttazzo, M. Giaquinta, S. Hildebrandt. One-dimensional Variational Problems. Oxford University Press

A. Braides. Gamma-convergence for Beginners. Oxford University Press

**Exam mode.** 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 risolvibili con mezzi automatici. Aritmetica in virgola mobile e analisi dell'errore. Algebra lineare numerica: metodi diretti e metodi iterativi per sistemi lineari. Approssimazione di soluzioni di equazioni non lineari. Approssimazione e interpolazione polinomiale e splines. Integrazione numerica. Cenni al trattamento numerico di equazioni differenziali ordinarie

**Obiettivi di apprendimento.** Conoscenza di base delle problematiche legate alla risoluzione di problemi matematici tramite mezzi automatici digitali. Apprendimento del linguaggio di programmazione MATLAB e di algoritmi matematici.

**Testi consigliati.**

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.** Esame scritto ed orale

**Program.** The course presents the basic aspects of numerical analysis. Floating point arithmetic and error analysis. Numerical linear algebra: direct and iterative methods for solving linear systems. Approximation of solutions of nonlinear equations. Interpolation and approximation by polynomials and spline functions. Numerical quadrature. Introduction to the numerical approximation for ordinary differential equations.

**Learning objectives.** basic knowledge of the main problems raising in the use of a digital computer for the solution of numerical problems. Learning of programming in MATLAB and mathematical algorithms.

**Text books.** 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.** written and oral exam

**ANALISI NUMERICA 2 –Terzo anno- II Semestre -6 CFU - settore MAT/08 – 48 ore di lezione in aula**

**Prof. Carmine Di Fiore (codocente Prof. Daniele Bertaccini)**

**Programma.** Metodi iterativi per la risoluzione di problemi di minimizzazione non vincolata in  $\mathbb{R}^n$ . Metodi Newton e quasi-Newton non secanti per la soluzione di sistemi di equazioni non lineari e di problemi di minimo non vincolato. Metodi di Krylov. Metodi Jacobian-free Newton-Krylov. Precondizionamento nei problemi di ottimizzazione. Il caso di funzioni quadratiche: metodi del gradiente, del gradiente coniugato (vs GMRES), e tecniche di precondizionamento. Sistemi di Toeplitz. Il caso di funzioni non lineari generiche: metodi del gradiente e di Newton, metodi quasi-Newton. Algebre di matrici L di bassa complessità computazionale e metodi LQN per la risoluzione di problemi di minimo di grandi dimensioni

**Obiettivi di apprendimento.** Lo studente acquisirà nozioni di metodi per risolvere problemi di ottimizzazione non vincolata di medie e grandi dimensioni e vedrà alcune semplici applicazioni. Sarà messo in grado di capire anche alcune questioni di complessità computazionale e stabilità numerica inerenti.

**Testi consigliati.** Libri di testo: D. Bertaccini, C. Di Fiore, P. Zellini, Complessità e Iterazione - percorsi, matrici e algoritmi veloci nel calcolo numerico, Bollati Boringhieri, Torino, 2013

**Modalità di esame.** Prova orale

**Program.** Iterative methods for solving unconstrained minimization problems in  $\mathbb{R}^n$ . Non-secant Newton and quasi-Newton methods for the solution of nonlinear systems of equations and of unconstrained optimization. Krylov methods. Metodi Jacobian-free Newton-Krylov methods. Preconditioning in optimization. Computational complexity and of the algorithms studied. The

case of quadratic functions: the method of gradients (steepest descent), the conjugate gradient method (vs GMRES), and preconditioning techniques. Toeplitz systems. The case of generic nonlinear functions: the gradients and Newton methods, quasi-Newton methods. Low complexity matrix algebras L and LQN methods for solving large scale minimum problems

**Learning objectives.** The student will become familiar with the solution of unconstrained optimization problems of medium and large size and some applications will illustrate the main related issues. Computational complexity and numerical stability issues will be also considered.

**Text books.** Libri di testo: D. Bertaccini, C. Di Fiore, P. Zellini, Complessità e Iterazione - percorsi, matrici e algoritmi veloci nel calcolo numerico, Bollati Boringhieri, Torino, 2013

**Exam mode.** Oral exam

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

**Prof Florin Radulescu (codocente: Prof Andrea Iannuzzi)**

**Programma.**

- ) richiami sulla topologia di  $\mathbb{R}^n$  e sull'integrale di Riemann,
- ) la misura di Lebesgue,
- ) funzioni misurabili secondo Lebesgue,
- ) integrale di Lebesgue,
- ) integrazione su prodotti cartesiani,
- ) cambiamento di variabile negli integrali,
- ) rudimenti sugli spazi  $L_p$

**Obiettivi di apprendimento.** Acquisire una buona base sulla costruzione della misura e dell'integrale di Lebesgue e sue prime applicazioni nella costruzione di spazi funzionali; risoluzione di problemi collegati a tale teoria.

**Testi consigliati.**

-) "Measure and Integral: An Introduction to Real Analysis" di Richard L. Wheeden e Antoni Zygmund, Marcel Dekker, 1977.

Per la parte sul cambiamento di variabile:

-) "Measure Theory", di Donald L. Cohn, Springer, 2013.

**Modalità di esame.** Esonero + 4 Appelli

**Program.**

- ) Recall of topology on  $\mathbb{R}^n$  and Riemann integration
- ) Lebesgue measure
- ) Measurable functions
- ) Lebesgue integral
- ) Integration on cartesian products
- ) Change of variables
- ) Introduction to  $L_p$  spaces

**Learning objectives.** Getting a good comprehension in the construction of the Lebesgue measure and Lebesgue integral and first application of this theory in the definition of Lebesgue spaces. Solving related problems.

**Text books.**

-) "Measure and Integral: An Introduction to Real Analysis" di Richard L. Wheeden e Antoni Zygmund, Marcel Dekker, 1977.

-) "Measure Theory", di Donald L. Cohn, Springer, 2013.

**Exam mode:** Partial exams + 4 sessions

**ANALISI REALE E COMPLESSA ( SECONDA PARTE )- Secondo anno- I Semestre – 8 CFU - settore MAT/07 – 64 ore di lezione in aula**

**Prof. Andrea Iannuzzi**

**Programma.** Numeri complessi. Funzioni derivabili in senso complesso. Equazioni di Cauchy-Riemann. Funzioni olomorfe elementari. Serie di potenze complesse. Integrali complessi. Lemma di Goursat. Teorema di Cauchy per domini convessi. Formula integrale di Cauchy. Sviluppabilità locale delle funzioni olomorfe in serie di potenze. Disuguaglianze di Cauchy. Teorema di Liouville. Teorema fondamentale dell'Algebra. Principio di



unicità per funzioni olomorfe. Principio del massimo modulo. Lemma di Schwarz. Automorfismi olomorfi del disco. Teorema di convergenza di Weierstrass. Serie di Laurent. Singolarità isolate. Formula di Cauchy per anelli. Sviluppo in serie di Laurent di funzioni olomorfe su anelli. Classificazione delle singolarità. Teorema di Casorati-Weierstrass. Automorfismi olomorfi della sfera di Riemann, del disco unitario e del piano complesso. Funzioni meromorfe. Forma generale del teorema di Cauchy (cenni). Teorema dei residui. Calcolo di integrali col metodo dei residui. Principio dell'argomento. Teorema di Rouché. Teorema della mappa di Riemann (cenni).

**Obiettivi di apprendimento.** Acquisire i concetti base dell'analisi complessa in una variabile ed essere in grado di applicarli alla risoluzione di problemi.

**Testiconsigliati.**

- 1) Donald Sarason, Notes on complex function theory, A.M.S. 2007.
- 2) Henri Cartan, Elementary theory of analytic functions of one and several variables, Dover Public. Inc., 1995.
- 3) Lars Ahlfors, Complex Analysis, McGraw-Hill, New York, 1979.
- 4) Dispense di Claudio Rea

**Modalità di esame.** Esame scritto ed orale

**Program.** Complex numbers. Complex differentiation. Cauchy-Riemann equations. Elementary holomorphic functions. Complex power series. Complex integration. Goursat Lemma. Cauchy theorem for convex domains. Cauchy integral formula. Local power series expansion of holomorphic functions. Cauchy inequalities. Liouville theorem. Fundamental theorem of Algebra. Uniqueness principle for holomorphic functions. Maximum modulus principle. Schwarz lemma. Holomorphic automorphisms of the disc. Weierstrass convergence theorem. Laurent series. Isolated singularities. Cauchy formula for annuli. Classification of singularities. Casorati-Weierstrass theorem. Holomorphic automorphisms of the Riemann sphere and of the complex plane. Meromorphic functions. General Cauchy theorem (hints). Residue theorem. Calculation of integrals with the residue method. Argument principle. Rouché theorem. Riemann mapping theorem (hints).

**Learning objectives.** Learning the basic concepts of function theory in one complex variable and their classical applications.

**Text books.**

- 1) Donald Sarason, Notes on complex function theory, A.M.S. 2007.
- 2) Henri Cartan, Elementary theory of analytic functions of one and several variables, Dover Public. Inc., 1995.
- 3) Lars Ahlfors, Complex Analysis, McGraw-Hill, New York, 1979.
- 4) Notes of Claudio Rea

**Exam mode.** Written and oral exam

**CRITTOGRAFIA –Terzo anno-II Semestre – 6 CFU - settore MAT/03 - 48 ore di lezione in aula Prof. *Ciro Ciliberto***

**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. Principali sistemi crittografici (classici e a chiave pubblica) e algoritmi che permettono di risolvere problemi computazionali correlati.

**Obiettivi di apprendimento.** Apprendimento delle nozioni basilari di aritmetica, teoria dei numeri e applicazioni alla crittografia nell'ambito della sicurezza delle informazioni.

**Testi consigliati.** W. M. Baldoni, C. Ciliberto, G. M. Piacentini, Aritmetica, crittografia e codici, Ed. Springer Italia, Unitext.

**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, discrete logarithms. Main (classic and public key) cryptographic systems and algorithms which allow to solve computational related problems.

**Learning objectives.** Learning the basic notions of arithmetic, number theory and application to cryptographers in the field of information security.

**Text books.** - W. M. Baldoni, C. Ciliberto, G. M. Piacentini, Aritmetica, crittografia e codici, Ed. Springer Italia, Unitext.

**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. Arturo Moleti**

**Programma.** Meccanica del punto e di sistemi di punti materiali. Relatività ristretta. Meccanica dei Fluidi. Termodinamica.

**Obiettivi di apprendimento.** Comprensione delle leggi fondamentali della Meccanica e della Termodinamica, sviluppando la capacità di risolvere problemi.

**Testi consigliati.** Mazzoldi Nigro Voci "Fisica" volume I seconda ed. (ISBN 9788879591379):capitoli 1, 2, 3, 4.1-12, 5, 8.1-9, 9.1-8, 10.1-9, 11.1-7, 11.10, 12.1-12. Per la parte di relatività suggerisco di vedere anche i capitoli 4 e 5 di "Gravity" di Hartle.

**Modalità di esame.** Prova scritta, prova orale, valutazione in itinere

**Program.** Mechanics of pointlike particles and of systems of particles. Special Relativity. Fluid Mechanics. Thermodynamics.

**Learning objectives.** Understanding the fundamental laws of Mechanics and Thermodynamics, developing the ability of solving problems.

**Text books.** -Mazzoldi Nigro Voci "Fisica" volume I seconda ed. (ISBN 9788879591379):capitoli 1, 2, 3, 4.1-12, 5, 8.1-9, 9.1-8, 10.1-9, 11.1-7, 11.10, 12.1-12. For special relativity, see also chapters 4 and 5 of "Gravity" by Hartle.

**Exam mode.** Written and oral exam, itinere valuation

**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. Emanuele Santovetti**

**Programma.**

1. Campo elettrico

- Introduzione, carica elettrica, carica indotta, conduttori e isolanti, legge di Coulomb
- Campo elettrico di una carica puntiforme, di un sistema di cariche e di una distribuzione continua di cariche (esempi del segmento e del disco carico). Moto di una carica in campo uniforme
- Linee del campo elettrico.

2. Potenziale elettrostatico

- Potenziale e differenze di potenziale, lavoro della forza elettrica
- Differenza di potenziale di un campo elettrico uniforme e del campo di una carica puntiforme
- Potenziale di una distribuzione continua di cariche
- Relazione tra campo e potenziale, superfici equipotenziali
- Campo e potenziale di un dipolo elettrico
- Energia potenziale elettrostatica
- Rotore di un campo vettoriale e teorema di Stokes, campo elettrico come campo irrotazionale

3. Il teorema di Gauss

- Enunciazione del teorema di Gauss e sua dimostrazione, vari casi particolari
- Applicazione del teorema di Gauss alla sfera uniformemente carica, al piano carico infinito ed al filo carico infinito. Calcolo del potenziale nei vari casi.
- Discontinuità del campo elettrico nel passaggio di una superficie carica.
- Legge di Gauss in forma locale, teorema della divergenza, equazione di Poisson e di Laplace e sua soluzione. Calcolo della divergenza del campo di una carica puntiforme.
- Equilibrio in un campo elettrostatico.

4. Conduttori in equilibrio elettrostatico

- Campo elettrostatico in un conduttore, teorema di Ampere. Potenziale in un conduttore e potere delle punte
- Conduttore cavo, schermo elettrostatico

- Capacità di un conduttore, sistemi di conduttori
  - Condensatori. Capacità di un condensatore (esempi di condensatore sferico, piano e cilindrico)
  - Energia di un condensatore e energia del campo elettrico
  - Condensatore con dielettrico
  - Trattazione microscopica del dielettrico, la costante dielettrica e polarizzazione
5. Corrente elettrica e resistenza
- Conduzione elettrica: corrente elettrica e densità di corrente: equazione di continuità per la corrente elettrica, caso stazionario
  - Modello classico della conduzione elettrica, legge di Ohm locale e integrale, resistenza elettrica. Potenza dissipata su un resistore, effetto Joule
  - Resistori in serie e parallelo
  - Leggi di Kirchoff per i circuiti elettrici
  - Carica e scarica di un condensatore
6. Campo magnetico
- Introduzione, magneti, forza magnetica e sue proprietà, campo magnetico
  - Forza magnetica su una carica in movimento, definizione di B.
  - Moto di una particella carica in campo magnetico, frequenza di ciclotrone. La bottiglia magnetica e il confinamento di cariche in moto. Applicazioni: selettore di velocità e misura di  $m/q$ .
  - Forza magnetica agente su un conduttore percorso da corrente: seconda legge elementare di Laplace. Momento magnetico agente su una spira
  - Campo magnetico di una spira circolare, principio di equivalenza di Ampere.
7. Sorgenti di campo magnetico
- Campi magnetico prodotto da una corrente: prima formula elementare di Laplace. Campo di un filo infinito percorso da corrente, campo di una spira circolare sull'asse.
  - Forza tra due fili (infiniti e paralleli) percorsi da corrente.
  - Teorema della circuitazione di Ampere e sue semplici applicazioni.
  - Solenoide ideale, proprietà e calcolo del campo magnetico. Campo prodotto da una distribuzione laminare di corrente. Solenoide toroidale
  - Proprietà del campo B: equazioni per B nel vuoto e nel caso stazionario.
  - Potenziale vettore A e equazione per A. Calcolo del potenziale A nel caso di un filo infinito
8. Campi elettrici e magnetici variabili nel tempo
- Legge di Faraday dell'induzione elettromagnetica
  - F.e.m. indotta nei circuiti in moto, flusso tagliato
  - La legge di Lenz e la formulazione locale della legge di Faraday-Neumann Lenz, applicazioni della legge di Faraday-Nemann, il disco di Barlow
  - Legge di Felici e misura di campo magnetico.
  - L'autoinduzione, il circuito RL
  - Energia di un induttore e del campo magnetico
  - Mutua induzione
  - Circuito oscillante LC e circuito RLC serie
9. Onde elettromagnetiche
- Corrente di spostamento, legge di Ampere-Maxwell
  - Equazione delle onde e.m., velocità della luce, relazione tra i campi E e B, l'onda piana
  - Intensità della radiazione e.m. e il vettore di Poynting
10. Oscillazioni elettriche
- Generatori di corrente alternata
  - Il metodo dei fasori: resistore, induttore e condensatore in corrente alternata
  - Circuito risonante RLC, filtri RC e CR
  - Potenza in un circuito in corrente alternata
  - Il trasformatore
11. La natura della luce e le leggi dell'ottica geometrica
- La doppia natura della luce: onda e corpuscolo. L'esperienza di Young e l'effetto fotoelettrico
  - Il principio di Huygens
  - Riflessione e rifrazione, l'indice di rifrazione e il principio di Fermat, la legge di Snell e la riflessione totale interna
  - Dispersione, il prisma e l'arcobaleno

## 12. Interferenza e diffrazione

- Condizioni generali per avere interferenza di onde e.m.
- Interferenza da due fenditure (interferometro di Young)
- Specchio di Lloyd e interferenza su lamine sottili
- Interferenza di N fenditure, il metodo dei vettori rotanti
- Diffrazione da una fenditura, reticolo di diffrazione

**Obiettivi di apprendimento.** Il corso intende fornire la conoscenza di base dell'elettromagnetismo classico e i principi fondamentali dell'ottica fisica.

**Testi consigliati.** Mazzoldi Nigro Voci: Fisica vol II – Edises.

**Modalità di esame.** Esame scritto ed orale

### **Program.**

#### 1. Electric field

- Introduction, electric charge, charge induction, conductors and insulators, Coulomb law
- Electric field of a point charge, of a charges system, of a continuous charge distributions. Charge motion in a uniform field.
- Electric field lines

#### 2. Electrostatic potential

- Potential and potential differences. work on the electric charge in a electric field .
- Potential of a uniform field and of a point charge
- Potential of a continuous charge distribution
- Relation between electric field and electric potential
- Field and potential of the electric dipole
- Potential energy of a charges system
- Curl of a vector field and Stokes theorem, electric field as a curl-free field

#### 3. The Gauss theorem

- Gauss theorem formulation and demonstration, few specific cases
- Continuity condition of the electric field in passing a charged surface
- Local formulation of the Gauss law, divergence theorem, Poisson and Laplace equations
- Equilibrium in electrostatic field.

#### 4. Conductors in electrostatic field

- Electrostatic field in a conductor, Ampere theorem. Potential in a conductor
- Conductor with an internal cavity, electrostatic shield
- Capacitance of a conductor, conductors system
- Capacitors, capacitance definition and examples
- Energy of a charged capacitor and energy density of the electric field
- Capacitor filled by a dielectric material, microscopic view of the dielectric material, polarization

#### 5. Electric current and resistance

- Electric conduction: current intensity and currunt density, continuity equation for the electric current in the stationary case
- Classical model of the electric conduction, Ohm law in local and integrated form, resistance and resistivity. Power dissipation and Joule effect
- Resistors in series and parallel
- Kirchoff laws for the electrical circuits
- Charge and discharge of a capacitor

#### 6. Magnetic field

- Introduction, magnets, magnetic forces, magnetic field
- Magnetic force on a moving charge and B definition
- Motion of a charge in a uniform magnetic field, cyclotron frequency. The magnetic bottle and the moving charges confinement and other applications
- Magnetic force on a current currying conductor: second Laplace law. Magnetic moment on a current currying coil
- Magnetic filed generated by a current currying coil. Ampere equivalence theorem

#### 7. Magnetic field sources

- Magnetic field generated by a current, first Laplace law. Magnetic field of a current currying infinite wire, field generated by a current currying coil on the central axis
- Magnetic force between two parallel current currying wires

- Ampere's circuital law and applications
  - Ideal solenoid and its properties, field of a current carrying plane, solenoid with toroidal shape
  - Magnetic field equations in vacuum and stationary case
  - Vector potential  $A$  and its equation. Vector potential calculus in few simple cases.
8. Electric and magnetic fields changing in time
- Faraday's induction law
  - F.e.m. induced in a moving circuit
  - The Lenz law, local formulation of the Faraday-Neumann law, the Barlow disc and other application
  - The Felici's law and the magnetic field measurement
  - The auto-induction, inductance definition, the RL circuit
  - Energy of an inductor and energy density of the magnetic field
  - Mutual induction
  - Oscillating circuit LC and the RLC series circuit
9. Electromagnetic waves
- Displacement current, Ampere-Maxwell's law
  - Waves equation, speed velocity, relation between B and E fields, the plane wave
  - Intensity of the e.m. radiation: Poynting vector
10. Electric oscillations
- Generators of alternate currents
  - Method of phasors: resistor, inductor and capacitor in alternate current
  - The RLC resonant circuit, RC e CR filters
  - Power in alternate current circuit
  - The transformer
11. The light, the geometrical optics laws
- The two aspects of the light: wave and particle. The Young experience and the photoelectric effect
  - The Huygens principle
  - Reflection and refraction, the refraction index and the Fermat law, the Snell law and the internal total reflection
12. Interference and diffraction
- Introduction and general consideration
  - Interference from two slits (Young interferometer)
  - The Lloyd mirror and the interference from thin gaps
  - Interference from N sources
  - Diffraction from a single slit and diffraction grating
- Learning objectives.** The course aims to give the basic knowledge of the classical electromagnetism and the fundamental concepts of the physical optics.
- 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. Carlangelo Liverani**

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

**Obiettivi di apprendimento.** L'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.

**Modalità di esame.** 2 esoneri + scritto + orale

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

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

**Text books.** Some notes written by profs. G. Benfatto, A. Giorgilli, C. Liverani and, partially, by the teacher of the course.

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

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

**Prof. Alessandro 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. Disuguaglianza 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 di funzioni continue. 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 e uso di strumenti matematici connessi a tali equazioni.

**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 of continuous functions. 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. The student becomes familiar with mathematical tools of general interest in mathematical physics

**Text books.** S. Salsa: Equazioni a derivate parziali - Springer-Verlag Italia

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

**FONDAMENTI DI PROGRAMMAZIONE: METODI EVOLUTI- 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.** Imparare a programmare bene. La programmazione orientata agli oggetti. La specifica basata su contratti del comportamento di un programma.

**Testi consigliati.** Bertrand Meyer, Touch of Class: Learning to Program Well with Objects and Contracts, Springer

**Modalità di esame.** Esame scritto ed 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.** Learn to program well. Object-oriented programming contract-based program behaviour specification.

**Text books.** Bertrand Meyer, Touch of Class: Learning to Program Well with Objects and Contracts, Springer

**Exam mode.** Written and oral exam

**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. Paolo Lipparini)**

**Programma.** Spazi vettoriali. Matrici. Sistemi di equazioni lineari. Rango. Determinante. Spazi affini. Applicazioni lineari. Endomorfismi. Forme bilineari. Diagonalizzazione delle forme quadratiche. Prodotti scalari. Prodotto vettoriale. Spazi Euclidei. Isometrie.

**Obiettivi di apprendimento.** Il corso fornisce un' introduzione ai concetti di base dell'algebra lineare e della geometria. Il corso si propone di rendere lo studente capace di elaborazione critica su tali concetti.

**Testi consigliati.** Edoardo Sernesi, GEOMETRIA 1, Bollati Boringhieri.

**Modalità di esame.** Esame scritto ed orale

**Program.** Vector spaces. Matrices. Systems of linear equations. Rank. Determinant. Affine spaces. Linear applications. Endomorphisms. Bilinear forms. Diagonalization of quadratic forms. Scalar products. Vector product. Euclidean spaces. Isometries.

**Learning objectives.** The course aims to introduce the students to basic concepts in Linear Algebra and Geometry and to make them able to critically elaborate on such concepts.

**Text books.** Edoardo Sernesi, GEOMETRIA 1, Bollati Boringhieri.

**Exam mode.** Written and oral exam

**GEOMETRIA 2 CON ELEMENTI DI STORIA 2 – Primo anno- II Semestre – 10 CFU - settore MAT/03 – 80 ore di lezione in aula**

**Prof. Giuseppe Pareschi (codocente Prof. Paolo Salvatore)**

**Programma.** Il Corso è la prosecuzione del Corso GEOMETRIA 1 CON ELEMENTI DI STORIA 1, e con esso costituisce un'introduzione all'Algebra Lineare e alla Geometria Analitica.

1. ALGEBRA LINEARE (Questa parte verrà parzialmente svolta dal Codocente). Spazi vettoriali quoziente. Dualità e l'operatore aggiunto. Il problema della diagonalizzabilità. Teorema di Cayley-Hamilton. Forme bilineari. Teorema spettrale per operatori autoaggiunti. Forme quadratiche e Teorema di Sylvester. Operatori ortogonali ed unitari. Operatori definiti positivi. Decomposizione polare. Decomposizioni in sottospazi invarianti. Forma canonica di Jordan e applicazioni. Matrici positive. Algebra tensoriale. Algebra esterna.

2. GEOMETRIA AFFINE E PROIETTIVA (questa parte sarà svolta dal Codocente). Luoghi geometrici. Spazio complesso. Spazi proiettivi. Sottospazi. Regola di Grassmann. Proiettività. Riferimenti proiettivi e coordinate omogenee. Teorema fondamentale delle proiettività e dei riferimenti. La nozione di birapporto. Spazio proiettivo duale. Teoremi di Pappo e Desargues. Relazioni tra geometria affine e geometria proiettiva. Complessificazione di uno spazio proiettivo reale.

3. CONICHE. Classificazione euclidea, coniche a centro, eccentricità' ed equazione polare. Classificazione affine e classificazione proiettiva.

4. ELEMENTI DI STORIA. Argomenti scelti sullo sviluppo storico degli argomenti trattati nel corso. Il Codocente tratterà una parte degli argomenti di ALGEBRA LINEARE).

**Obiettivi di apprendimento.** Apprendimento di nozioni-base di algebra lineare, anche in relazione alle altre discipline matematiche e ad applicazioni, e di geometria affine e proiettiva, e la classificazione delle coniche. Acquisizione delle capacità necessarie a risolvere autonomamente problemi riguardanti tali argomenti. Apprendimento di elementi storici con abilità espositive.

**Testi consigliati.**

- E. Sernesi, Geometria 1, Boringhieri (2000)
- M. Nacinovich, Elementi di Geometria Analitica, Liguori (1996)
- M. Artin, Algebra, Boringhieri (1997)
- S. Lang, Algebra lineare, Bollati Boringhieri (2014).
- C. Ciliberto, Algebra Lineare, Bollati Boringhieri (1994).
- Appunti a cura dei Docenti.

**Modalità di esame.** Esame scritto ed orale

**Program.** This Course is the continuation of the Course GEOMETRIA 1 CON ELEMENTI DI STORIA 1. Together they form an introduction to Linear Algebra and Analytic Geometry.

1. LINEAR ALGEBRA (this part will be partly covered by the Co-Instructor).

Quotient vector spaces. Duality and the adjoint. The problem of diagonalizability. Polynomials of matrices and linear operators. Invariant subspaces. Minimal polynomial. Cayley-Hamilton Theorem. Spectral theorem for self-adjoint operators. Quadratic forms and Sylvester's Theorem. Orthogonal and unitary operators. Positive operators. Polar decomposition. Decompositions in invariant subspaces Jordan canonical form and applications. Positive matrices. Exterior algebra. Tensors.

2. AFFINE AND PROJECTIVE GEOMETRY (this part will be covered by the Co-Instructor).

Geometric loci. Complex space. Projective spaces. Subspaces. Grassmann's rule. Projectivities. Projective frames and homogeneous coordinates. Fundamental theorem for projectivities. Cross-ratio. Dual projective space. Pappus' and Desargues' Theorems. Relationship between affine and projective geometry. Complexification of a real projective space.

3. CONIC SECTIONS. Euclidean classification, conics with symmetry center, eccentricity and polar equation. Affine and projective classification.

4. SELECTED TOPICS OF HISTORY.

Selected topics on the historic development of the concepts treated in the Course.

The Co-Instructor will cover a part of the topics of Linear Algebra.

**Learning objectives.** The student will learn basic notions of linear algebra, also in relation with other disciplines and with applications and of affine and projective geometry, as well as the geometry and classification of conic sections. The student will get the ability of solving autonomously problems concerning linear algebra and analytic geometry. The student will learn some aspects of the historical developments of the various ideas, as well as the ability of exposing them in a convincing way.



**Text books.**

- E. Sernesi, Geometria 1, Boringhieri (2000)
- M. Nacinovich, Elementi di Geometria Analitica, Liguori (1996)
- M. Artin, Algebra, Boringhieri (1997)
- S. Lang, Algebra lineare, Bollati Boringhieri (2014).
- C. Ciliberto, Algebra Lineare, Bollati Boringhieri (1994).
- Teachers' notes

**Exam mode.** Written and oral exam

**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. Francesca Tovena (codocente Prof. Martina Lanini)**

**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 gruppo fondamentale della circonferenza. Spazi di rivestimento. Il gruppo fondamentale di uno spazio di rivestimento. Il gruppo fondamentale di uno spazio di orbite.

**Obiettivi di apprendimento.**

-Conoscenza e comprensione: apprendere le nozioni di base relative alla topologia generale ed algebrica (spazi topologici, compattezza, connessione, omotopia, gruppo fondamentale, rivestimenti); leggere e comprendere risultati di base relativi a tali argomenti.

-Capacità di applicare conoscenza e comprensione: saper verificare, utilizzando le definizioni e le relative caratterizzazioni, la continuità delle funzioni tra spazi topologici, gli assiomi di separazione, la compattezza, la connessione, la connessione per archi, l'omotopia, saper determinare il gruppo fondamentale; saper inoltre applicare le nozioni di topologia apprese alla risoluzione di problemi.

-Autonomia di giudizio: saper riconoscere alcune proprietà topologiche e la correttezza di un ragionamento in ambito della topologia, saper costruire esempi e controesempi.

-Abilità comunicative: esporre e argomentare la soluzione di problemi; essere, inoltre, in grado di discutere e riprodurre correttamente dimostrazioni di risultati di base relativi a spazi topologici, funzioni continue, compattezza, connessione e connessione per archi, azioni di gruppo, rivestimenti.

-Capacità di apprendere: saper individuare strategie di soluzione e strategie di analisi e dimostrazione in situazioni analoghe a quelle affrontate nel corso.

**Testi consigliati.** C. Kosniowski, Introduzione alla topologia algebrica, Zanichelli

**Modalità di esame.** L'insegnamento prevede una prova scritta propedeutica e una prova orale. Tramite tali prove, sono verificate l'autonomia e la consapevolezza nell'utilizzo delle tecniche apprese, la completezza e la chiarezza espositiva, la capacità di sintesi.

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.

**Program.** Metric spaces. Topological spaces. Continuous functions. Induced topology. Quotient topology. Group action. Product spaces. Compact spaces. Hausdorff spaces. Connected spaces. Manifolds and surfaces. Path connected spaces. Homotopy of continuous mappings. The fundamental group. The fundamental group of a n-sphere. Learning objectives. A first course in general and algebraic topology.

**Learning objective.**

-Knowledge and understanding: learn the basics related to general and algebraic topology (topological spaces, compactness, connection, homotopy, fundamental group, coverings); read and understand basic results related to these topics.

-Ability to apply knowledge and understanding: knowing how to verify, using the definitions and their characterizations, continuity of functions between topological spaces, axioms of separation,

compactness, connection, arcwise connection, homotopy, knowing how to determine the fundamental group; know how to apply the concepts of topology learned to solve problems.

-Making judgements: knowing how to recognize some topological properties and the correctness of a reasoning in the field of topology, knowing how to build examples and counterexamples.

-Communication skills: to expose and to argue the solution of problems; furthermore, ability to - correctly discuss and reproduce demonstrations of basic results relative to topological spaces, continuous functions, compactness, connection and arcwise connection, group actions, coverings.

-Ability to learn: know how to identify solution strategies and analysis and proof strategies in situations similar to those dealt with in the course

**Text books.** C. Kosniowski, *Introduzione alla topologia algebrica*, Zanichelli

**Exam mode.** Written and oral exam.

The course includes an introductory written test and an oral exam. Through these tests, autonomy and awareness are verified in the use of the techniques learned, the completeness and clarity of exposition, the ability to synthesize.

In the written test, the student solves some problems, applying and adapting the methods learned and motivating his own solution strategy.

In the oral examination, the student illustrates and discusses some definitions and the demonstration of theorems learned in the course, or analyzes and proposes solutions related to situations similar to those studied in the course.

**GEOMETRIA 4 -Secondo anno- Il Semestre -7 CFU - settore MAT/03 – 56 ore di lezione in aula-**Il corso prevede ulteriori ore di tutorato in aula

**Prof. *Ciro Ciliberto (codocente Prof. Vincenzo Di Gennaro)***

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

**Obiettivi di apprendimento.** Apprendimento delle nozioni basilari di geometria differenziale di curve e superficie dello spazio.

**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. Ad ogni studente, all'inizio della prova scritta, sarà dato un foglio su cui sono scritti cinque quesiti a risposta multipla. Lo studente dovrà segnare sul detto foglio con una crocetta esclusivamente la risposta, o le risposte, a ciascun test, che ritiene corrette. Alla fine della prova lo student dovrà consegnare esclusivamente il suddetto foglio con le risposte da lui date, senzamalculun altro segno tranne la sua firma e matricola apposte in testa al foglio. Ogni esercizio a cui si è risposto in modo totalmente corretto ha il valore di sei punti, ogni esercizio in cui non si è risposto in modo totalmente corretto ha il valore di zero punti. La prova sarà considerata sufficiente se lo studente svolge in modo totalmente corretto almeno tre esercizi. Durante la prova è consentito consultare testi e/o appunti, ma è vietato collaborare con altri candidati, pena l'esclusione dalla prova.

Per ogni appello di esame sarà prevista una prova scritta la quale, qualora superata, sarà valida solo per la sessione di esame cui si riferisce quell'appello. Gli studenti che abbiano sostenuto, ma non superato, la prova scritta potranno cio' nonostante sostenere quella orale, ma il voto finale terrà conto dell'esito negative dello scritto. Non sono previsti esoneri, ma verranno forniti e svolti (nelle ore di tutorato), esercizi anche del tipo di quelli della prova di esame.

La prova orale consisterà in domande su tutto il programma svolto ed anche sulla prova orale.

Il calendario di esami verrà fissato in accordo con le deliberazioni del Consiglio di Corso di Laurea. Non verranno concessi appelli straordinari.

**Program.** Differentiable curves. Length of an arc and natural parameters. Curvatures and torsion.

Frenet formulae. Existence and unicity. Regular surfaces in 3-space. Differential forms. First quadratic form. Area. Gauss map. Second quadratic form. Theorema Egregium. Gauss Weingarten formulae. Existence and unicity. Geodesics. Gauss-Bonnet theorem. Some classification theorems.

**Learning objectives.** Learning of differential geometric basic notions of space's curves and surface

**Text books.** M. Abate, F. Tovena, "Curve e superfici", Ed. Springer Italia; M.M. Lipschutz, "Geometria differenziale", Ed. Schaum.

**Exam mode.** Written and oral exam

**GEOMETRIA 5- Terzo anno- II Semestre – 6 CFU - settore MAT/03– 48 ore di lezione in aula  
Prof. Antonio Rapagnetta**

**Programma.** Omologia simpliciale e omologia singolare. Invarianza omotopica. Escissione. Successione di Mayer-Vietoris. Omologia dei CW complessi. Caratteristica di Eulero Poincaré. Coomologia. Prodotto Cup. Dualità di Poincaré.

**Obiettivi di apprendimento.** Il corso fornisce un'introduzione ad alcune idee e alcuni metodi fondamentali della Topologia Algebrica.

**Testi consigliati.** Hatcher A., Algebraic Topology.

Massey W.S., A basic course in Algebraic topology

**Modalità di esame.** Esame scritto ed orale

**Program.** Simplicial homology and singular homology. Homotopical invariance. Excision. Mayer-Vietoris exact sequence. CW complexes. Euler-Poincaré characteristic. Cohomology. Cup product. Poincaré duality.

**Learning objectives.** The course aims to introduce the students to some fundamental ideas and methods in Algebraic topology.

**Text books.** Hatcher A., Algebraic topology.

Massey W.S., A basic course in Algebraic topology.

**Exam mode.** Written and oral exam.

**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. Alessandra 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.** Obiettivi di apprendimento. Il corso intende fornire delle 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/> , "Introduzione all'uso di Matlab per il Calcolo Scientifico" (<http://www1.mate.polimi.it/CN/Dispense/index.php3>).

**Modalità di esame.** Il corso si conclude con un esame scritto (elaborazione di un programma in MATLAB), eventualmente integrato da un esame orale.

**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.** The course intends to give a solid basis for programming mathematical algorithms through the MATLAB language. Learning of programming in MATLAB and mathematical algorithms.

**Text books.** Lecture notes given by the teacher, tutorial available on the MATLAB web site: <https://it.mathworks.com/help/matlab/> , "Introduzione all'uso di Matlab per il Calcolo Scientifico" (<http://www1.mate.polimi.it/CN/Dispense/index.php3>).

**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 – 88 ore di lezione in laboratorio-lingua

**Prof. Dora Giammarresi**

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

**Obiettivi di apprendimento.** Imparare a tradurre un metodo astratto di risoluzione di un problema in un programma funzionante usando il linguaggio C. Conoscere alcuni argomenti di base della teoria degli algoritmi e delle strutture dati tra cui l'analisi della complessità di un algoritmo, i principali algoritmi di ordinamento, strutture dati dinamiche (liste, pile e code) e stringhe. Conoscere alcuni concetti di informatica teorica quali automi a stati finiti, grammatiche e macchine di Turing.

**Testi consigliati.**

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

J.E. Hopcroft, R. Motwani, J.D. Ullman: Automi, linguaggi e calcolabilità, Pearson Education.

**Modalità di esame.** Prova scritta e orale

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

**Learning objectives.** Learn how to translate an abstract method of resolution of a problem in a working program using the language C. Learn some of the basic arguments of the theory of the algorithms and data structures including the analysis of the complexity of an algorithm, the main sorting algorithms, dynamics data structures (lists, stacks, queues and trees) and string algorithms. Learn some of the concepts of theoretical computer science such as formal language, finite automata and regular expressions.

**Text books.**

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

J.E. Hopcroft, R. Motwani, J.D. Ullman: Automi, linguaggi e calcolabilità, Pearson Education.

**Exam mode.** Written and oral exam

**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. Riccardo 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

**Obiettivi di apprendimento.** L'obiettivo principale del Corso è l'apprendimento del metodo sperimentale per lo studio dei fenomeni fisici e delle tecniche di base di analisi dei dati sperimentali. Alla fine del Corso lo studente acquisirà le conoscenze adeguate per effettuare misure di grandezze fisiche e sarà in grado di presentare i risultati delle misure in modo scientificamente corretto. Egli avrà inoltre acquisito la conoscenza di semplici software di analisi dati. Durante le esperienze di laboratorio, infine, lo studente avrà la possibilità di studiare fenomeni fisici approfondendone aspetti empirici.

**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.** The aim of this course is to equip the students with a working knowledge of experimental methods required to study physical phenomena, as well as fundamental techniques of experimental data analysis. At the end of the course the students should be able to perform measurements of physical quantities and present the results in a scientific and rigorous way. The students will also become familiar with some statistical software tools for data handling and analysis. During the Laboratory experiments the students will have the possibility to study physical phenomena, examining in depth their empirical aspects.

**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 both material taught on this course 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. Lucia Caramellino**

**Programma.** La prima parte del corso è dedicata a cenni di teoria della misura ed approfondimenti di calcolo delle probabilità (sigma-algebre 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 e 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. Lambertson, 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

**Program.**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.** The course deals with the problems of the pricing and the hedging of European and American options under a discrete model (both in time and space) for financial market. Comprehension of the financial language; knowledge of the discrete models used in Finance, in particular for the solution to the pricing and the hedging problem; ability in linking related mathematical topics (probability, analysis, geometry, programming languages etc.) and real world problems; numerical solutions of practical problems (pricing and hedging options), also through Monte Carlo algorithms.

**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

**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. Domenico 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.** Conoscenza dei concetti di base della probabilità (senza teoria della misura) e del suo linguaggio proprio; capacità di utilizzare in probabilità le nozioni di base degli altri corsi della laurea triennale (analisi, algebra lineare, geometria, etc.); capacità di modellizzare correttamente problemi concreti di probabilità

**Testi consigliati.** Caravenna - Dai Pra "Probabilità", Springer

Baldi "Calcolo delle Probabilità e Statistica", McGraw Hill

**Modalità di esame.** Esame scritto ed orale

**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 be familiar with the basic notions of probability (without measure theory) and of its language; ability of using in probability the mathematical notions coming from the other courses (mathematical analysis, linear algebra, geometry,...); ability of properly modeling concrete problems in probability.

**Text books.** Caravenna - Dai Pra "Probabilità", Springer

Baldi "Calcolo delle Probabilità e Statistica", McGraw Hill

**Exam mode.** Written and oral exam

**STATISTICA- Terzo anno- II Semestre – 6 CFU - settore MAT/06 – 48 ore di lezione in aula**

**Prof. Gianpaolo 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 confidenza, test d'ipotesi. Proprietà asintotiche. Modelli di regressione. Breve introduzione a R.

**Obiettivi di apprendimento.** Lo studente apprenderà le nozioni fondamentali della Statistica Matematica e sarà in grado di risolvere problemi teorici in questo ambito e anche di affrontare semplici problemi con dati da elaborare.

**Testi consigliati.** Casella & Berger "Statistical Inference", Duxbury 2001

**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.** The student should understand the fundamental notions of Mathematical Statistics and become able to solve theoretical problems in this field and also to handle simple data applications. The examination consists of a written test and a term paper using R.

**Text books.** Casella & Berger "Statistical Inference", Duxbury 2001

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