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

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 **13 al 25 Luglio 2017 e dal 4 al 15 Settembre 2017 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 e richiede il pagamento di un **contributo per la partecipazione**.

La **prima prova** di valutazione si terrà **l'8 Settembre 2017**. Una **seconda prova** di valutazione si terrà nella seconda metà di Dicembre, come pubblicato nel bando disponibile su www.mat.uniroma2.it/didattica alla voce "Immatricolazioni". 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 29 Settembre**.

Un eventuale mancato superamento del test non preclude l'immatricolazione. Coloro che non superino la prova di valutazione, come "**obbligo formativo aggiuntivo**", dovranno superare come prima prova un esame a scelta tra Analisi Matematica 1, Geometria 1 con Elementi di storia 1 e Algebra 1. La normativa di legge prevede che gli obblighi formativi aggiuntivi assegnati vadano colmati entro il primo anno.

Chi desidera **prepararsi** alla prova, può consultare la lista degli argomenti (Syllabus) e esempi di test di valutazione sul sito

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

Tutori Ad ogni studente immatricolato viene assegnato, un docente tutor che potrà essere consultato, per consigli e suggerimenti generali in merito all'andamento delle attività di studio.
Borse di Studio L'Istituto Nazionale di Alta Matematica (INdAM) ha bandito anche per questo anno un concorso a n. 40 borse di studio, 2 borse aggiuntive riservate agli studenti che si iscriveranno al primo anno di un corso di laurea in Matematica per l'a.a. 2017-18. La selezione avviene attraverso una prova scritta di argomento matematico, che si terrà in data **12 settembre 2017, 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
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
Ulteriori informazioni si possono anche ottenere per posta elettronica all'indirizzo
dida@mat.uniroma2.it

Presentazione del corso
Il Corso di laurea offre la possibilità di capire le basi della matematica, di usare gli strumenti informatici e di calcolo, di comprendere e di usare i modelli matematici e statistici in mille possibili applicazioni di tipo scientifico, tecnico ed economico. La durata del Corso di Laurea è, normalmente, di tre anni.
Il Corso di laurea in matematica dà allo studente una formazione "forte". Prima di tutto apprenderà le conoscenze fondamentali e acquisirà i metodi che vengono usati nella matematica (in particolare, nell'algebra, nell'analisi e nella geometria). Ma anche le conoscenze necessarie per comprendere e utilizzare l'informatica e la fisica, per costruire modelli di fenomeni complessi (per esempio, l'andamento del prezzo di alcune azioni in Borsa o le migrazioni dei primi Homo Sapiens) per maneggiare bene il calcolo numerico e simbolico con i suoi lati operativi.
I tre anni di studio di matematica a Tor Vergata prevedono un biennio uguale per tutti ma, all'ultimo anno, si ha la possibilità di scegliere alcuni corsi opzionali. Agli studenti vengono offerte anche attività esterne come gli stage presso aziende, strutture della pubblica amministrazione e laboratori. Nell'ambito del programma Erasmus lo studente può usufruire di soggiorni presso università straniere.
Studiare matematica a Tor Vergata significa poter frequentare un corso di studi completo (laurea triennale in matematica, magistrale in matematica pura ed applicata e scuola di dottorato), perché tutti i settori della ricerca, sia quelli più tradizionali sia quelli più recenti, vi sono rappresentati. Inoltre, qui si ha la possibilità di interagire con gruppi di ricerca di punta a livello nazionale e internazionale. Le indagini sulla ricerca nell'area matematica svolte dal Ministero per l'Università e da Enti stranieri indicano il Dipartimento di Matematica di Tor Vergata al primo posto nel Centro-Sud, tra i primi in Italia, e centro di eccellenza a livello europeo.

Sbocchi lavorativi
Una laurea in matematica permette non solo di avviarsi verso una carriera di ricercatore o di insegnante, continuando gli studi, ma anche e soprattutto di entrare direttamente nel mondo del lavoro in moltissimi settori, dalla finanza all'informatica, dalla medicina all'ingegneria, dalle scienze sociali alla produzione alimentare. Perché, ovunque ci sia bisogno di costruire dei modelli che funzionino, c'è bisogno di un matematico. Non è un caso che, ad esempio, lavori che sembrerebbero destinati a laureati in economia, oggi vengano affidati a matematici. Infatti, fino a pochi anni fa, per molte professioni era sufficiente una formazione matematica abbastanza sommaria. Ma oggi l'avvento dei computer ha reso utilizzabili in pratica molte teorie avanzate che solo ieri sembravano troppo complicate ed astratte per essere di qualche utilità. Chi è in

grado di avvalersi di queste nuove possibilità va avanti; gli altri, invece, restano indietro e perdono competitività. Per questi motivi ci sono molti ambiti professionali nei quali è diventato indispensabile inserire un matematico nell'equipe. Il matematico si affianca all'ingegnere ad esempio per la costruzione delle nuove barche per le regate internazionali oppure per la progettazione di protocolli di trasmissione per le telecomunicazioni. O anche per la realizzazione degli effetti speciali del nuovo cinema o degli stupefacenti cartoni animati di ultima generazione. Si affianca al biologo che studia il sequenziamento del DNA umano e all'ecologo che studia la dinamica delle popolazioni. La sua presenza è fondamentale negli uffici studi delle grandi banche, dove è necessario sviluppare modelli complessi per la valutazione dei rischi e la determinazione dei prezzi dei derivati finanziari. Un'analisi recente dei diversi impieghi ad alto livello dei laureati in Matematica in Italia si può trovare sul sito:

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

L'applicazione della matematica è particolarmente evidente nel campo informatico: i computer di domani (e tutto il mondo complesso del trasferimento dell'informazione) nascono dalla ricerca matematica di oggi. Con un curioso rapporto: da una parte, le conoscenze matematiche portano allo sviluppo dell'informatica, dall'altro il computer, aumentando la sua potenza di calcolo, consente l'uso di nuovi strumenti matematici per la soluzione di problemi complessi in ogni settore della conoscenza umana. Non c'è dunque da meravigliarsi, in tutto questo, se diciamo che i matematici sono una grande comunità internazionale, collaborano molto tra di loro e danno vita a gruppi di ricerca di altissimo livello. Una comunità di cui si fa parte con enorme piacere e in cui c'è largo spazio per i giovani che con le loro idee innovative hanno da sempre dato un impulso decisivo allo sviluppo di questa disciplina.

Ordinamento degli Studi - Laurea Triennale

Sul sito web del corso di laurea (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. 2017/18

1 ANNO (DM 270/04)

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

2 ANNO (DM 270/04)

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

3 ANNO (DM 270/04)

SIGLA	INSEGNAMENTO	settore	CFU	SEM.	Obbl/Opz.
AN1	Analisi numerica 1 +Laboratorio di calcolo 2	MAT/08 +INF/01	8+4	1	Obbl.
ARC	Analisi reale e complessa	MAT/05	8	1	Obbl.
FS2	Fisica 2 + Laboratorio di sperimentazione di fisica	FIS/01	7+3	1	Obbl.
FM2	Fisica Matematica 2	MAT/07	8	2	Obbl.

	Analisi matematica 5	MAT/05	6	2	Opz.
	Crittografia	MAT/03	6	2	Opz.
	Fondamenti di programmazione: metodi evoluti	INF/01	6	2	Opz.
	Probabilità e finanza	MAT/06	6	1	Opz.
	Statistica	MAT/06	6	2	Opz.
	Algebra 3	MAT/02	6	1	Opz.
	Geometria 5	MAT/03	6	2	Opz.
	Analisi numerica 2	MAT/08	6	2	Opz.

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. 2017/18:

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.+ 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.
	Crittografia	MAT/03	6		Opz.

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

Calendario 2017/2018

I corsi hanno durata semestrale. I corsi del primo semestre si terranno dal 2 Ottobre 2017 al 19 Gennaio 2018 eccetto i corsi del primo anno che termineranno il 26 Gennaio 2018. Quelli del secondo semestre, dal 5 marzo 2018 all' 8 Giugno 2018. I corsi del primo semestre del primo anno avranno una settimana di interruzione delle lezioni dal 20 al 24 Novembre 2017 . Durante questa settimana si svolgeranno eventuali prove di esonero. Il 21 Settembre 2017 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), un appello nella sessione estiva (giugno-luglio) e uno in quella autunnale (settembre). I corsi del secondo semestre prevedono due appelli d'esame nella sessione estiva, uno in quella autunnale e uno in quella invernale (febbraio). I corsi di Analisi Matematica 1 e Geometria 1 prevedono un ulteriore appello nella sessione estiva.

Insegnamenti

Gli insegnamenti sono sviluppati con contenuti e con ritmi didattici mirati ad assicurare un adeguato apprendimento in relazione al numero di ore di studio previsto per ciascun insegnamento. La frequenza ai corsi non è obbligatoria, ma la frequenza facilita l'apprendimento della materia. Per quanto riguarda i laboratori, la verifica di profitto avviene sulla base del lavoro svolto in aula, quindi la frequenza risulta necessaria. In caso di comprovata impossibilità a frequentare il laboratorio (per esempio nel caso di studenti lavoratori) possono essere concordate con i docenti responsabili altre forme di accertamento.

Ai fini di aggiornamento professionale e/o di arricchimento culturale o di integrazione curriculare, il Consiglio ogni anno stabilisce un elenco di corsi fruibili da:

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

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

Piani di studio
Entro il mese di luglio, gli studenti iscritti al secondo anno devono presentare un piano di studio, in cui indicano le proprie scelte relativamente alla parte opzionale del corso di studi. Il Coordinatore del Corso di Laurea sottopone i piani di studio all'approvazione del Consiglio del Dipartimento di Matematica. Gli studenti possono eventualmente apportare modifiche al piano di studio. In tal caso, devono sottoporre un nuovo piano di studio e richiederne l'approvazione. Sul sito web del corso di studio www.mat.uniroma2.it/didattica, nella sezione "piani di studio", si possono leggere le istruzioni per la compilazione e presentazione del piano di studio. Si ricorda che lo schema di piano di studio riportato sul sito consente di accumulare i crediti necessari per laurearsi con non più di 20 verifiche di profitto (ovvero 19 esami più la parte a scelta del piano di studio) come previsto dal DM 270/04.

Prova finale del corso di Laurea
La prova finale per il conseguimento della Laurea in Matematica è, di norma, scelta dallo studente tra due tipi di prove, e cioè una tesina o un esame di cultura matematica.
a) *Esame di cultura*: questo tipo di prova richiede il superamento di un esame scritto su argomenti di base appresi durante il corso di studi, che metta in risalto la comprensione e la capacità d’uso, da parte dello studente, del carattere interdisciplinare di tali nozioni. Lo svolgimento della prova scritta viene curato dalla commissione di laurea, con la quale lo studente discuterà il proprio elaborato nella seduta di laurea. Per agevolare il compito dello studente che sceglie questi tipo di prova finale, viene fornito un apposito corso di Preparazione all’Esame di Cultura (PEC) che sarà tenuto nel secondo semestre. Questa scelta è particolarmente indicata per chi intende proseguire gli studi con la Laurea magistrale.
b) *Tesina:* questo tipo di prova richiede, da parte dello studente, l’approfondimento di un argomento affine al contenuto di un corso presente nel proprio piano di studio ed è consigliato, in particolare, agli studenti che intendano cercare un lavoro subito dopo la laurea. L’argomento oggetto della tesi deve essere concordato con il docente del corso di riferimento, nonché con un docente scelto dallo studente, che può essere anche lo stesso che ha tenuto il corso e che svolge le funzioni di relatore. L’elaborato prodotto dallo studente viene quindi discusso e valutato nella seduta di laurea.
Modalità diverse di prova finale possono essere autorizzate dal Consiglio del Dipartimento di Matematica, sulla base di una richiesta motivata. In particolare, in relazione a obiettivi specifici, possono essere previste attività esterne, come tirocini formativi presso aziende, strutture della pubblica amministrazione e laboratori, eventualmente in ambito internazionale. In ogni caso, lo studente deve realizzare un documento scritto (eventualmente in una lingua diversa dall’italiano) e sostenere una prova orale.
La discussione della prova finale avviene in seduta pubblica davanti a una commissione di docenti che esprime la valutazione complessiva in centodecimi, eventualmente attribuendo la lode.

Trasferimenti
Gli studenti che si trasferiscono al Corso di Laurea in Matematica provenendo da altri Corsi di Studi possono chiedere il riconoscimento dei crediti relativi ad esami sostenuti nel corso di studi d’origine. Il Consiglio del Dipartimento di Matematica valuterà di volta in volta le singole richieste. Si precisa che i trasferimenti non possono avvenire su corsi disattivati. Sul sito web del corso di studio www.mat.uniroma2.it/didattica nella sezione “trasferimenti” si possono leggere le istruzioni per ottenere un parere preventivo su eventuali convalide di esami sostenuti in precedenti corsi di laurea di provenienza. Gli studenti che si trasferiscono da altri corsi di studio devono sostenere il test di valutazione. Per poter essere esonerati dal sostenerlo devono aver maturato crediti del settore MAT nel corso di studio di provenienza. È possibile richiedere l’esonero dal test seguendo la procedura prevista dal sito *delphi.uniroma2.it*.

Programmi dei corsi

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

Prof. E.Strickland

Programma. INSIEMI. Insiemi e operazioni tra insiemi. Relazioni. Funzioni. I numeri naturali e il principio di induzione. Cardinalità di insiemi. Calcolo combinatorio. NUMERI. Numeri interi. Massimo comun divisore e algoritmo euclideo. Fattorizzazione in Z. Numeri razionali. Numeri di Fibonacci. Congruenze. Risoluzione di congruenze lineari e il teorema cinese del resto. Funzione di Eulero. Teorema di Eulero. Numeri primi. Numerazioni in basi diverse. Numeri complessi. POLINOMI. Funzioni polinomiali e polinomi. Divisione tra polinomi. MCD e fattorizzazione. Questioni di irriducibilità. Polinomi ciclotomici. La formula di Cardano. Polinomi simmetrici. ANELLI**.** Definizioni ed esempi. Sottoanelli.Omomorfismi tra anelli. Ideali. Anelli quoziente. Teorema di omomorfismo tra anelli. GRUPPI. Definizione ed esempi. Sottogruppi. Il gruppo simmetrico. Relazione di coniugio. Gruppi diedrali. Classi laterali modulo un sottogruppo e teorema di Lagrange. Isomorfismo tra gruppi e Teorema di Cayley. Omomorfismi. Sottogruppi normali. Gruppo quoziente. Teorema fondamentale di omomorfismo tra gruppi.

Obiettivi di apprendimento. Ottenere una buona conoscenza delle strutture algebriche astratte fondamentali, onde avere una migliore visione di insieme di tutte le nozioni di algebra apprese nelle scuole acquisendo al contempo tecniche e nozioni indispensabili per uno studio più avanzato dell'algebra moderna.

Testi consigliati. "Algebra: un approccio algoritmico" G.M. Piacentini Cattaneo, Zanichelli

Modalità d'esame. Prove scritta ed orale d'esame.

Program. SET THEORY: Sets, operations with sets. Relations. Functions. The natural numbers and mathematical induction. Cardinality of sets. Combinatorial calculus. NUMBERS: Integers. Greatest common divisors and Euclidean algorithm. Factorization in Z. Rational numbers. Fibonacci numbers. Congruences. Resolution of linear congruences and the Chinese remainder theorem. Euler's function. Prime numbers. Numerations in various bases.

Complex numbers. POLYNOMIALS: Polynomial functions and polynomials. Division with polynomials. MCD and factorization. Irreducibility. Cyclotomic polynomials. Cardano's formula. Symmetric polynomials.

RINGS: Definitions and examples. Subrings. Ring omomorphisms. Ideals. Quotient rings. Omomorphism theorem for rings.

GROUPS: Definitions and examples. Subgroups. The symmetric group. Conjugacy relation. Dihedral groups. Cosets modulo a subgroup. Lagrange's Theorem. Group isomorphisms and Cayley's Theorem. Group omomorphisms. Normal subgroups. Quotient groups. Omomorphism Theorem for groups.

Learning objectives. Provide the basic knowledge of the fundamental algebraic structures, in order To obtain an overall view of the algebra learned in school, acquiring at the same time the techniques and the notions necessary for an advanced study of algebra.

Text books. "Algebra: un approccio algoritmico" G.M. Piacentini Cattaneo, Zanichelli

Exam mode. Written and oral exam.

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

Prof. R.Schoof

Programma. La teoria dei gruppi, anelli e campi

Obiettivi di apprendimento. Si tratta di un proseguimento del corso di Algebra 1.

Testi consigliati. Artin, M: Abstract Algebra, 2nd ed, Addison-Wesley, 2010.Dummit, D. and Foote, R.: Abstract Algebra, 3rd ed, 2003.Schoof, R. and Van Geemen, B.: Dispense di Algebra, Pavia 2001.

Modalità di esame. Esame scritto

Program. The theory of groups rings and fields
Learning objectives. This is a continuation of the Algebra 1 course
Text books. Artin, M: Abstract Algebra, 2nd ed, Addison-Wesley, 2010. Dummit, D. and Foote, R.: Abstract Algebra, 3rd ed, 2003. Schoof, R. and Van Geemen, B.: Dispense di Algebra, Pavia 2001.
Exam mode. Written final test

ALGEBRA 3 *Terzo Anno - I Semestre - 6 CFU - settore MAT/02 - 48 ore in aula*
Prof. M. Lanini
Programma. Il corso verterà su argomenti scelti, sulla base degli interessi degli studenti, tra i seguenti: Teoria di Galois, Algebra commutativa, Categorie, Algebra omologica.
Obiettivi di apprendimento. 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.
Testi consigliati. Atiyah, M.F. MacDonald, I.G.: Introduction to Commutative Algebra, Addison-Wesley 1969, N.Jacobson, Basic Algebra, vol II, W.H.Freeman and Campany, 1985. S.Lang, Algebra, Springer-Verlag, 2002, J.S.Milne, Fields and Galois Theory, 2012.
Modalità di esame. Il raggiungimento degli obiettivi è accertato mediante una prova orale finale

Program. The course consists of selected topics among the following: Galois Theory, Commutative Algebra, Category Theory, Homological Algebra. The selection will be based on students' interests and backgrounds
Learning objectives. The course aims to provide the students with the right tools to approach deep algebraic topics and the necessary background for more advanced courses in Algebra and Geometry. Moreover, the suggested bibliography in English will help them to develop a good understanding of scientific literature in a foreign language.
Text books. Atiyah, M.F. MacDonald, I.G.: Introduction to Commutative Algebra, Addison-Wesley 1969, N.Jacobson, Basic Algebra, vol II, W.H.Freeman and Campany, 1985. S.Lang, Algebra, Springer-Verlag,2002, J.S.Milne, Fields and Galois Theory, 2012.
Exam mode. There will be a final, oral exam at the end of the course.

ANALISI MATEMATICA 1 Primo Anno - I Semestre 8 CFU - settore MAT/05 - 64 ore in aula. il corso prevede ulteriori ore di tutorato
Prof. D. Guido
Programma. Numeri reali, approccio assiomatico. Numeri naturali e principio di induzione. Numeri interi relativi e numeri razionali. Numerabilità di **Z** e **Q** e non numerabilità di **R**. Numeri complessi e loro operazioni. Topologia della retta reale. Estremo superiore e inferiore. Teorema di Bolzano-Weierstrass. Successioni: limiti di successioni, principali teoremi sui limiti, il numero *e*. Funzioni di una variabile: funzioni elementari, limiti di funzioni e studio di alcuni limiti notevoli, limite superiore e limite inferiore. Proprietà fondamentali delle funzioni continue. Teorema di Weierstrass e teorema dei valori intermedi. Calcolo differenziale: definizione di derivata e prime proprietà. Teoremi di Fermat, di Rolle, di Lagrange e di Cauchy. Teoremi di de l'Hopital. Funzioni convesse e loro principali proprietà.
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. La preparazione dello studente sarà verificata tramite il superamento di una prova scritta ed una prova 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. The qualification of the student will be tested via a written and an oral exam.

ANALISI MATEMATICA 2 *Primo Anno -II Semestre -10 CFU - settore MAT/05 - 80 ore in aula - il corso prevede ulteriori ore di tutorato*
Prof. R. Tauraso
La pagina web sarà: http://www.mat.uniroma2.it/~tauraso/analisi2mat1516.html
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. L'esame consiste di una prova scritta e di una prova orale.

Program. Taylor polynomials with applications. Taylor's formula and estimates for the remainder. Uniform continuity. Riemann's integral. The Fundamental Theorem of Calculus. Integration techniques. Improper integrals. Infinite series and convergence criteria. First-Order ordinary differential equation. Linear ordinary differential equations with constant coefficients. Separable differential equations. An introduction to metric spaces and normed linear spaces. Pointwise 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. The final examination consists of two parts: a written exam and an oral exam.

ANALISI MATEMATICA 3 *Secondo Anno - I Semestre - 6 CFU settore MAT/05 - 48 ore in aula- il corso prevede ulteriori ore di tutorato*
Prof. L. 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 proprieta' relative.
Limiti e continuità per funzioni di più variabili a valori scalari o vettoriali.
Calcolo differenziale per funzioni di più variabili reali scalari e vettoriali: derivate parziali e direzionali, differenziabilità, condizioni necessarie e condizioni sufficienti di differenziabiltà. Gradiente e matrice jacobiana. Differenziale delle funzioni composte. Derivate successive, teorema di Schwarz. Richiami sulle forme quadratiche in R^N. Formula di Taylor per funzioni di piu' variabili con resto in forma di Peano o di Lagrange.

Massimi e minimi liberi per funzioni scalari di più variabili, criteri basati sul segno della matrice hessiana. Curve in R^N, lunghezza di una curva, parametrizzazione naturale. Integrali curvilinei di prima specie o rispetto alla lunghezza d'arco. Cenni sulla curvatura con e senza segno di curve piane e nello spazio. Campi vettoriali, forme differenziali e loro integrali curvilinei di seconda specie. Forme chiuse ed esatte e loro relazioni, insiemi semplicemente connessi, invarianza per omotopia degli integrali curvilinei di forme chiuse.

Teorema di Dini delle funzioni implicite in due dimensioni.

Teorema delle funzioni implicite nel caso generale di più vincoli (con dimostrazione completa).

Teorema della funzione inversa, invertibilità locale e globale.

Introduzione alla nozione di sottovarietà differenziabile in R^N, equivalenza delle diverse definizioni, spazio tangente e normale, metodo dei moltiplicatori di Lagrange per lo studio dei massimi e minimi vincolati.

Integrazione di Riemann in più variabili e misura di Peano-Jordan, formule di riduzione, cenno agli integrali multipli impropri, calcolo dell' integrale di Gauss. Teorema di Green e della divergenza nel piano.

Partizioni dell' unità e teorema di cambio di variabili per integrali multipli (con dimostrazione completa).Introduzione ad alcuni spazi normati di dimensione infinita, in particolare spazi di funzioni continue e cenni sul calcolo differenziale in spazi di Banach.

Obiettivi di apprendimento. Nozioni fondamentali del calcolo differenziale e integrale per funzioni in 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 R^N, metric, normed and inner-product spaces. Complete, connected and compact spaces with basic properties..

Limits and continuity for scalar and vector valued functions of several real variables.

Differential calculus for scalar and vector valued functions of several real variables: partial and directional derivatives, differentiability and differential of a function, necessary and sufficient conditions for differentiability. Gradient and jacobian matrix of a map.

Differential of a composite function, chain rule for the derivatives.

Higher order derivatives, Schwarz theorem. Review of bilinear and quadratic form in R^N.

Taylor formula for functions of several variables, Peano's and Lagrange's remainder.

Maxima and minima for functions of several variables, criteria based on the sign of the Hessian matrix. Curves in R^N, length of a curve, natural parametrization. Curvilinear integral of the first kind for scalar functions. Some notions on curvature of planar and space curves.

Vector fields, linear differential forms and curvilinear integrals of the second kind.

Closed and exact forms, simply connected domains, homotopy invariance for integrals of closed forms. Dini's implicit function theorem for functions of two variables. General Implicit functions theorem. Inverse function theorem, local and global invertibility. Introduction to the notion of an embedded manifold in R^N, Lagrange multiplier theorem. Riemann integration and Peano-Jordan measure in R^N, Fubini's theorem for Riemann integral, improper multiple integrals, Gauss integral. Green's and divergence theorem in the plane. Partitions of unity and change of variable theorem for multiple integrals. Introduction to some infinity dimensional Banach space, in particular spaces of continuous functions. Hints on differential calculus in Banach spaces.

Learning objectives. 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 exam and oral dissertation

ANALISI MATEMATICA 4 *Secondo Anno - II Semestre - 7 CFU settore MAT/05 - 56 ore in aula - il corso prevede ulteriori ore di tutorato*

Prof. R. Peirone

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**.** Richiami sulle equazioni differenziali lineari del primo ordine e sulle equazioni a variabili separabili. Problema di Cauchy per sistemi differenziali del primo ordine in forma normale. Teorema di esistenza e unicità di Picard e teorema di esistenza di Peano.Lemma di Gronwall. Dipendenza continua dai dati. Prolungamento di soluzioni. Esistenza e unicità del prolungamento massimale. Teorema di prolungabilità. Prolungabilità in presenza di una maggiorazione a priori nel caso della striscia(*). Equazioni di tipo particolare, ad esempio di Bernoulli. 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(*), matrice wronskiana (*). Equazioni differenziali di ordine n e riduzione di esse a un sistema del primo ordine. Equazioni a coefficienti costanti: equazione caratteristica e sistema fondamentale di soluzioni dell'omogenea. Ricerca di soluzioni particolari con termini noti di tipo speciale (metodo degli annichilatori). Flusso di un campo regolare. Continuità e proprietà di semigruppo del flusso. Punti di equilibrio. Classificazione degli equilibri. Analisi degli equilibri di sistemi lineari autonomi bidimensionali(*). Funzioni di Liapunov(*). Teorema di stabilità di Liapunov(*). Criterio di instabilità(*). Metodo della linearizzazione(*). Successioni e 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. Calcolo differenziale e integrale in più variabili. Superfici. Porzioni di superfici regolari. Piano tangente e versore normale. Superfici cartesiane e superfici di rotazione. Parametrizzazioni equivalenti e area di una porzione di superficie regolare. Calcolo delle aree di alcune porzioni di superfici regolari. Integrale di una funzione continua su una porzione di superficie regolare. Teoremi della divergenza nel piano e nello spazio, e di Stokes. Formula di Gauss-Green nel piano. Applicazione al calcolo di aree. Soluzione del problema isoperimetrico nel piano. Insiemi semplicemente connessi(*). Varietà differenziabili immerse in spazi euclidei(*). Spazio tangente e spazio normale in un punto(*). Punti di estremo vincolato di una funzione, e metodo dei moltiplicatori di Lagrange per la ricerca dei punti di estremo vincolato. *Si intende che le parti segnate da (*), in particolare tutte le parti del primo capitolo (spazi metrici) saranno svolte se non già fatte precedentemente in altri corsi, e a seconda del tempo a disposizione.*

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

Modalità di esame. Esame scritto e orale.

Program. Metric Spaces : The function distance from a set. Complete metric spaces. Theorem of fixed points of contractions. Characterization of compact metric spaces. Ascoli-Arzelà theorem. Differential Equations**.** Recalls on first order linear differential equations and separable variable equations. Cauchy problem for differential systems of the first order in the normal form. Picard existence and uniqueness Theorem and Peano existence Theorem. Gronwall Lemma. Continuous dependence on the initial data. Prolongation of solutions. Existence and uniqueness of the maximal solution. Extensibility theorems. Extensibility in case of a priori estimates on a

strip(*). Special Equations, e.g., Bernoulli equation. Globality of maximal solutions in sublinearity case. Extensibility of solutions that remain in a compact set. Linear differential systems. The solutions form an affine subspace. Fundamental matrix of solutions(*). 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(*), Wronskian matrix (*). Differential equations of n-th order and conversion of them into a system of first order.
Equations with constant coefficients: characteristic equation and fundamental system of solutions of the homogeneous equations. Solutions of equations in special cases (annihilator method). Flow of a regular field. Continuity and semigroup property of the flux. Equilibrium points and their classification. Investigation of equilibrium points of linear autonomous bidimensional systems(*). Liapunov functions(*). Stability Liapunov Theorem(*). Instability criterion(*). Linearizationmethod(*). Sequences and series of functions. Recalls on sequences of functions. Pointwise and uniform convergence and relationships with continuity, derivative and integral. Series of functions. General considerations about series of functions. Pointwise and uniform convergence and relationships with continuity, derivative and integral. Weierstrass M-test. Cauchy criterion on uniform convergence of sequences and series of functions. Power series, convergence set and Radius of convergence. Abel Theorem (*). Analytic functions. Fourier series. Periodic functions. Fourier series expansion. Bessel inequality. Pointwise and uniform convergence of Fourier series. Differential and integral calculus in several variables. Surfaces. Pieces of regular surfaces. Tangent plane and normal versor. Cartesian surfaces and surfaces of revolution. Equivalent parametrizations and area of a piece of a regular surface. Areas of pieces of some specific regular surfaces. Integral of a continuous function continua over a piece of a regular surface. Divergence Theorem in dimensions 2 and 3 and Stokes Thorem. Gauss-Green formula in the plane. Use to calculate areas. Solution of isoperimetric problem in the plane. Simply connected sets (*). Differential submanifolds of euclidean spaces (*). Tangent space and normal space at a point (*). Extremum points of a function with constraints, and Lagrange multiplier method.
The parts marked with (*), in particular all parts of first chapter (metric spaces) will be really given if not previously seen in other courses, and depending on the time available.
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.
Exam mode. written and oral exam.

ANALISI 5 *Terzo anno – II Semestre – 6 CFU – Settore MAT/05 – 48 ore in aula*
Prof. A. 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 estensione 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 minina 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
Exam mode. Oral exam.

ANALISI NUMERICA 1 *Terzo Anno - I Semestre - 8 CFU settore MAT/08 - 64 ore in aula - il corso prevede ulteriori ore di tutorato*
Prof. C. Manni
Programma. Il corso illustra i principi della traduzione di modelli matematici in problemi aritmetici risolubili con mezzi automatici. Aritmetica in virgola mobile e analisi dell'errore. Algebra lineare numerica: metodi diretti e metodi iterativi per sistemi lineari. Approssimazione di soluzioni di equazioni non lineari. 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.
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. Prova scritta e prova 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.
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 in aula -*
Proff. C. Di Fiore, D. Bertaccini
Programma. Metodi iterativi per la risoluzione di problemi di minimizzazione non vincolata in 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. D. Bertaccini, C. Di Fiore, P. Zellini, Complessità e iterazione, Boringhieri, 2013
Modalità di esame. Prova orale.

Program. Iterative methods for solving unconstrained minimization problems in 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. D. Bertaccini, C. Di Fiore, P. Zellini, Complessità e iterazione, Boringhieri, 2013
Exam mode. Oral exam

ANALISI REALE E COMPLESSA *Terzo Anno - I Semestre - 8 CFU - settore MAT/05 - 64 ore in aula- il corso prevede ulteriori ore di tutorato*
Prof. R. Molle, Prof. L.Geatti
Programma parte 1. Richiami sulla topologia di R^n e sull'integrale di Riemann,la misura di Lebesgue, funzioni misurabili secondo Lebesgue, integrale di Lebesgue, integrazione su prodotti cartesiani,cambiamento di variabile negli integrali,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. Richard L Wheeden Antoni Zygmund Measure and integral : an introduction to real analysis. Boca Raton, FL : CRC Press, Taylor & Francis Group, [2015]
2) Donald L. Cohn: "Measure Theory". Springer, 2013.
3) Dispense Analisi reale e complessa di Claudio Rea.
Modalità di esame. Scritto e orale**.**

Program part 1. Some preliminary facts about topology in euclidian spaces and riemann integral Lebesgue measure, Lebesgue measurable functions, Lebesgue integral, Fubini – Tonelli theorem, change of variable in the Lebesgue integral,some rudiments on 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.
Recommended books. 1) Richard L Wheeden; Antoni Zygmund: Measure and integral: an introduction to real analysis. Boca Raton, FL : CRC Press, Taylor & Francis Group, [2015]
2) Donald L. Cohn: "Measure Theory". Springer, 2013.
3) Dispense Analisi reale e complessa di Claudio Rea.
Exams mode. Written and oral.

Programma parte 2. 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 unicita' per funzioni olomorfe. Principio del massimo modulo. Lemma di Schwarz. Automorfismi olomorfi del disco. Teorema di convergenza di Weierstrass.
Serie di Laurent. Singolarita' isolate. Formula di Cauchy per anelli. Sviluppo in serie di Laurent di funzioni olomorfe su anelli. Classificazione delle singolarita'. Teorema di Casorati-Weierstrass. Automorfismi olomorfi della sfera di Riemann 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 Rouche'. Teorema della mappa di Riemann (cenni).
Obiettivi di apprendimento. Acquisire i concetti base dell'analisi complessa in una variabile e applicarli alla risoluzione di problemi.
Testi consigliati. 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.
Modalità di esame. Scritto e orale.

Program part 2. Complex numbers. Complex differentiation. Cauchy-Riemann equations.
Elementary holomorphic functions. Complex power series. Complex integration. Goursat Lemma. Cauchy theorem fo 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 anuli. 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. Rouche' theorem. Riemann mapping theorem (hints).
Learning objectives. Learning the basic concepts of function theory in one complex variable and applying them to solving problems.
Texts 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.
Exam mode. Written and oral.

CRITTOGRAFIA *Terzo Anno - I Semestre -6 CFU - settore MAT/03 - 48 ore in aula*
Prof. C. 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. "Aritmetica, crittografia e codici", Baldoni, W.M., Ciliberto, C., Piacentini Cattaneo, G.M., Collana: UNITEXT
Modalità di esame. L'esame consiste di una prova orale, che verterà su tutto il programma svolto. Il calendario di esami verrà fissato in accordo con le deliberazioni del Consiglio di Corso di Laurea. Non verranno concessi appelli straordinari

Program. Basic elements of arithmetics and elementary number theory. In particular, modular arithmetic, Finite fields, prime numbers and their distribution, primality tests, discrite logarithms. Main (classic and public key) cryptographic systems and algorithms which allow to solve computational related problems.
Text books. "Aritmetica, crittografia e codici", Baldoni, W.M., Ciliberto, C., Piacentini Cattaneo, G.M., Collana: UNITEXT

FISICA 1 *Secondo Anno - I Semestre - 9 CFU - settore FIS/01 - 72 ore in aula - il corso prevede ulteriori ore di tutorato*
Prof. A. 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. Test scritti "in itinere" con soluzione di problemi; Esame Scritto con soluzione di problemi; Esame Orale.

Program. Mechanics of point like 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.
Textbooks. Mazzoldi Nigro Voci "Fisica" volume I second ed. (ISBN 9788879591379) :chapters 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 tests "in itinere" involving solution of problems; Final written exam involving solution of problems; Oral exam.

FISICA 2 *Terzo Anno - I Semestre -7 CFU - Settore FIS/01 - 56 ore in aula - il corso prevede ulteriori ore di tutorato*
Prof. E. Santovetti
Programma. Il campo elettrico (leggi di Coulomb e Gauss), il potenziale elettrostatico. I Campo elettrico in presenza di materiali dielettrici (cenni). Correnti continue e la legge di Ohm (cenni). Il campo magnetico nel vuoto, la legge di Laplace e di Ampere e il potenziale vettore. Le sorgenti dei campi: cariche ferme e in movimento. L'equazione di continuità. Il caso non stazionario: induzione elettrica e magnetica, il campo elettromagnetico e le equazioni di Maxwell. Potenziali elettromagnetici. Onde elettromagnetiche. Ottica fisica, l'interferenza e la diffrazione della luce. Richiami di Relatività Ristretta: trasformazioni di Lorentz, dinamica quadrivettoriale, covarianza delle equazioni di Maxwell.
Equazione di D'Alembert per i campi e per i potenziali.
Obiettivi formativi. Acquisizione dei concetti fondamentali dell'elettromagnetismo classico
Testi consigliati. Mazzoldi Nigro Voci: Fisica II – Edises
Modalità di esame. Esame finale, scritto e orale. Durante il corso sono previste due prove scritte che potranno sostituire lo scritto finale

Program. Electric field (Coulomb e Gauss laws), the electric potential. The electric field with dielectric materials. Stationary current and Ohm law. Magnetic field in vacuum, the Laplace and Ampere laws, the vector potential. The fields sources: static and moving charges, continuity equation. The non-stationary case: electric and magnetic induction, the electromagnetic field and the Maxwell equations. Electromagnetic waves. Covariance of Maxwell's equations.
Learning goals. Acquisition of the basic concepts of classical electrodynamics.
Text book. Mazzoldi Nigro Voci: Fisica II - Edises;
Exam mode. Written examination followed by an oral examination

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

Prof. U. Locatelli.

Programma. Studio qualitativo delle equazioni differenziali ordinarie. Moti unidimensionali: trattazione del caso conservativo e di quello dissipativo. Punti di equilibrio e stabilità. Modello di Lotka-Volterra e di un orologio, attrattori. La meccanica celeste come ulteriore esempio di introduzione di modelli matematici di fenomeni naturali. Moti centrali. Legge di gravitazione universale come soluzione del problema inverso di Keplero. Problema dei due corpi e di Calogero. Moti relativi. Forze apparenti in sistemi non inerziali. Generalità sui sistemi meccanici. Equazioni cardinali. Corpo rigido: cinematica e dinamica. Sistemi vincolati. Vincoli ideali, principio di D'Alembert. Equazioni di Lagrange. Costanti del moto per sistemi Lagrangiani. Formulazione variazionale della meccanica Lagrangiana. Introduzione alla meccanica Hamiltoniana. Parentesi di Poisson. Teoremi di Liouville per il flusso Hamiltoniano e (in cenni) a proposito dei sistemi 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. I riferimenti più adatti per ciascun argomento saranno indicati sul diario delle lezioni, reperibile al sito dedicato al corso: http://www.mat.uniroma2.it/~locatell/FM1/index.html

Modalità di esame. 2 esoneri + scritto + orale

Program. Qualitative analysis of the ordinary differential equations. One degree of freedom dynamics: study of both systems with conservative forces and those including frictions. Equilibrium points and stability in their neighborhoods. Lotka-Volterra predator-prey model, attractors and their existence in a simple model of a clock. Celestial Mechanics as a further example of introduction of mathematical models to describe natural phenomena. Motion of a point-mass subject to a central field. Gravitation law as a solution of the indirect Kepler's problem. Two-body problem and Calogero's problem. Motion in a moving coordinate system. Inertial forces and Coriolis force. Newtonian mechanics for systems with n particles. Rigid body: kinematics and dynamics.

Holonomic and ideal constraints. D'Alembert's principle. Lagrange's equations. Constants of motion for Lagrangian systems. Variational formulation of Lagrangian mechanics. Introduction to Hamiltonian mechanics. Poisson brackets. Liouville's theorems: invariance of the phase space volume under the Hamiltonian flow and characterization of the integrable systems.

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

Text books. Some notes written by profs. G. Benfatto, A. Giorgilli, C. Liverani and, partially, by the teacher of the course. All this material is freely available on internet and the most suitable references, for each argument, will be given from the logbook of the course, dynamically updated on the website http://www.mat.uniroma2.it/~locatell/FM1/index.html

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 in aula- il corso prevede ulteriori ore di tutorato*

Prof. A. Pizzo.

Programma. L'equazione di diffusione: Generalità. Questioni di unicità. Il principio di massimo. La soluzione fondamentale. Passeggiata aleatoria simmetrica e moto Browniano. Diffusione con trasporto e reazione. Il problema di Cauchy globale .Equazione di Laplace: generalità. Funzioni armoniche nel discreto e nel continuo, proprietà di media e principio di massimo. Formula di Poisson. 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.
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. The global Cauchy problem. Laplace equation: Main features. Harmonic functions in the discrete and in the continuum case, the mean value property and the maximum principle. Poisson formula. Harnack inequality and Liouville theorem. Fundamental solution and Green's function. Green's representation theorem. Introduction to the external problem. First order equations: Linear transport equation. Nonlinear models and the 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 the solution of partial differential equations.
Wave equation: String vibration - 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 generalinterest in mathematical physics that are related to these.
Textbook. S. Salsa: Equazioni a derivate parziali **-** Springer-Verlag Italia.

FONDAMENTI DI PROGRAMMAZIONE: METODI EVOLUTI *Terzo anno - II Semestre - 6 CFU - settore INF/01- 48 ore in aula*
Prof. E. Nardelli
Programma. Oggetti e loro caratteristiche. L'interfaccia di una classe. Invarianti e altri elementi di logica. Creazione di oggetti. Assegnazione, riferimento e struttura degli oggetti. Strutture di controllo. Astrazione. Modello dinamico. Ereditarietà e genericità. Ricorsione. Ereditarietà multipla. Programmazione guidata dagli eventi ed agenti.
Obiettivi di apprendimento. 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. Scritto e 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 book. Bertrand Meyer Touch of Class: Learning to Program Well with Objects and Contracts Springer
Exam mode. Written test and oral.

GEOMETRIA 1 CON ELEMENTI DI STORIA 1 Primo Anno - I Semestre - 9 CFU - settore MAT/03 - 72 ore in aula – il corso prevede ulteriori ore di tutorato

Prof. F. Tovena

Programma. Spazi vettoriali e sottospazi. Dipendenza e indipendenza lineare. Teorema di Steinitz. Basi. Dimensione. Somme di sottospazi vettoriali. Formula di Grassmann.
Applicazioni lineari. Immagine, nucleo e rango di una applicazione lineare. Il gruppo degli automorfismi di uno spazio vettoriale. Matrici e rango di una matrice. Metodo di Gauss per il calcolo del rango. Sistemi lineari. Sistemi compatibili. Teorema di Rouche'-Capelli. Primo e secondo teorema di unicita'.
Sistemi dipendenti da parametri. Sistemi omogenei. Sistemi equivalenti.
Sistemi ridotti e normali. Risoluzione di un sistema col metodo di eliminazione di Gauss. Matrici ed applicazioni lineari.
Applicazioni lineari definite da matrici. Prodotto tra matrici. Matrice inversa di una matrice quadrata non degenere. Matrici ortogonali. Formule di cambiamento di basi in uno spazio vettoriale di dimensione finita. Determinanti e loro applicazioni allo studio dei sistemi lineari.
Sviluppo di un determinante con la regola di Laplace. Teorema di Binet. Metodo di eliminazione di Gauss per il calcolo del determinante. Teorema degli orlati.
Caratterizzazione del rango di una matrice mediante i determinanti: minori fondamentali. Teorema di Cramer. Calcolo della inversa di una matrice quadrata non degenere su un campo.
2. Spazi affini. Dimensione di uno spazio affine. Vettori liberi e applicati.
Sottospazi affini di uno spazio affine e loro giaciture. Sistemi lineari di equazioni di sottospazi.
Equazioni parametriche dei sottospazi. Dipendenza e indipendenza di punti. Mutua posizione di sottospazi. Sottospazi paralleli, sghembi e incidenti. Sistemi di sottospazi: fasci e stelle.
Affinità. Cambiamenti di coordinate. Orientazioni di uno spazio affine reale. Spazi euclidei. Prodotti scalari euclidei. L'algoritmo di ortogonalizzazione di Gram-Schmidt. La disuguaglianza di Cauchy-Schwartz. Il gruppo delle isometrie. Ortogonalità. Sistemi di coordinate cartesiane ortonormali. Angoli e loro funzioni trigonometriche. Distanze tra sottospazi. Prodotti vettoriali. Calcolo di aree e volumi.
3. Elementi di storia

Obiettivi di apprendimento. Conoscenza e comprensione. apprendere le nozioni di base relative all'algebra lineare (spazi vettoriali e loro dimensione, applicazioni lineari, prodotti scalari definiti positivi), agli spazi affini (giacitura, parallelismo) e euclidei; leggere e comprendere risultati di base relativi a tali argomenti.
capacita' di applicare conoscenza e comprensione: lo studente sa verificare l'indipendenza lineare di vettori, studiare sottospazi vettoriali e affini e la loro mutua posizione, calcolare e utilizzare la matrice associata a una applicazione lineare, svolgere procedimenti algoritmici di calcolo, quali l'algoritmo di Gauss di eliminazione, e il metodo di ortogonalizzazione di Gram-Schmidt; sa inoltre applicare le nozioni di algebra lineare apprese per risolvere problemi geometrici, o problemi computazionali. Autonomia di giudizio: lo studente sa riconoscere alcuni problemi in geometria affine e euclidea che possono essere trattati attraverso tecniche di algebra lineare. Abilità comunicative: lo studente sarà in grado di esporre e argomentare la soluzione di problemi; sarà inoltre in grado di discutere e riprodurre correttamente dimostrazioni di risultati di base relativi a spazi vettoriali, spazi affini e euclidei.

Testi consigliati. C. Ciliberto, Algebra Lineare, Boringhieri.
Appunti disponibili sul sito del docente.
Altri testi consigliati: E. Sernesi, Geometria 1, Ed. Bollati-Boringhieri.
Serge Lang, Algebra lineare, Ed. Bollati-Boringhieri.

Metodo didattico. Lezioni frontali e incontri settimanali in forma tutoriale.

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.

GEOMETRIA 2 CON ELEMENTI DI STORIA 2 Primo Anno -II Semestre -10 CFU - settore MAT/03 - 80 ore in aula - il corso prevede ulteriori ore di tutorato
Prof. G. Pareschi
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.
ALGEBRA LINEARE.Richiami su spazi euclidei. Autovalori e autovettori. Polinomi di matrici e applicazioni lineari. Polinomio caratteristico. Diagonalizzabilità. Sottospazi invarianti. Polinomio minimo. Teorema di Cayley-Hamilton. Dualità e l'operatore aggiunto. 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.
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. CONICHE.
Classificazione euclidea, coniche a centro, eccentricità' ed equazione polare. Classificazione affine e classificazione proiettiva. ELEMENTI DI STORIA. Argomenti scelti sullo sviluppo storico degli argomenti trattati nel corso.
Il Codocente tratterà' una parte degli argomenti di Geometria Affine e Proiettiva
Obiettivi di apprendimento. Apprendimento dell'algebra lineare, anche in relazione alle altre discipline matematiche e ad applicazioni.
Apprendimento delle nozioni basilari di geometria affine e proiettiva e della classificazione delle coniche.
Acquisizione delle capacità necessarie a risolvere autonomamente problemi riguardanti tali argomenti.
Apprendimento di elementi storici con abilità espositive.
Testi consigliati. - C. Ciliberto, Algebra Lineare, Bollati Boringhieri (1994).
- E. Sernesi, Geometria 1, Boringhieri (2000).
- Y. Katznelson e Y. R. Katznelson, A (Terse) Introduction to Linear Algebra, American Mathematical Society (2008).
- S. Lang, Algebra lineare, Bollati Boringhieri (2014).
- Appunti a cura dei Docenti.

Modalità di esame. L'insegnamento prevede una prova scritta ed 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 argomenti scelti di storia dello sviluppo dei concetti trattati nel corso.

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.
LINEAR ALGEBRA. Recap on euclidean spaces. Eigenvectors and eigenvalues. Polynomials of matrices and linear operators. Characteristic polynomial. Diagonalizability. Invariant subspaces. Minimal polynomial. Cayley-Hamilton Theorem. Duality and the adjoint. Spectral theorem for self-adjoint operators. Quadratic forms and Sylvester's Theorem. Orthogonal and unitary operators. Positive operators.

Learning objectives. The student will learn linear algebra, also in relation with other disciplines and with applications.The student will learn some basic notions of affine and projective geometry, and the geometry and classification of conic sections.The student will get the capacity 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. - C. Ciliberto, Algebra Lineare, Bollati Boringhieri (1994).
- E. Sernesi, Geometria 1, Boringhieri (2000).
- Y. Katznelson e Y. R. Katznelson, A (Terse) Introduction to Linear Algebra, American Mathematical Society (2008).
- S. Lang, Algebra lineare, Bollati Boringhieri (2014).
- Teachers' notes.

Exam mode. The exam will consist of both a written test and an oral test. By means of such tests the ability of using the learned techniques in complete autonomy and consciousness, the accuracy and clarity of the exposition and the ability to synthetize will be verified. In the written test the student will solve problems using and adapting the method learned in the course, explaining the strategy for the solution. In the oral test the student will illustrate and discuss definitions and proofs, and/or selected topics about the historical development of the various ideas.

GEOMETRIA 3 *Secondo Anno - I Semestre - 7 CFU - settore MAT/03 - 56 ore in aula - il corso prevede ulteriori ore di tutorato*

Prof. V. Di Gennaro Co-docente: Prof. P. Salvatore

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. Introduzione alla topologia generale ed algebrica.
Libro di testo. C. Kosniowski, Introduzione alla topologia algebrica, Zanichelli
Modalità di esame. Esame scritto e orale. Attività del co-docente. Esercitazioni.

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.
Coursebook. C. Kosniowski, Introduzione alla topologia algebrica, Zanichelli.
Exam mode. Written and oral exame.
Seminar leader's tasks. Seminars.

GEOMETRIA 4 *Secondo Anno - II Semestre - 7 CFU - settore MAT/03 - 56 ore in aula - il corso prevede ulteriori ore di tutorato*

Prof. C. Ciliberto

Programma. Curve differenziabili. Lunghezza di un arco di curve e parametro arco. Curvatura e torsione. Formule di Frenet. Teorema di esistenza e unicità .Superfici regolari nello spazio. Forme differenziali. Piano tangente. Prima formaquadratica fondamentale. Area di una superficie regolare. Mappa di Gauss. Seconda forma quadratica fondamentale. Il Theorema Egregium di Gauss. Formule di Gauss-Weingarten. Teorema di esistenza e unicita'. 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, sara’ 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, senzamalcun 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 e’ 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 terra’ 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 consistera’ in domande su tutto il programma svolto ed anche sulla prova orale.
Il calendario di esami verra’ fissato in accordo con le deliberazioni del Consiglio di Corso di Laurea. Non verranno concessi appelli straordinari.

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

GEOMETRIA 5 *- Terzo anno – II Semestre – 6 CFU – settore MAT/03 – 48 ore di lezione in aula*
Prof. A. Rapagnetta
Programma. Prerequisiti : Argomenti del corso di geometria 3. Topics covered in geometria 3 richiami sul gruppo fondamentale, sul Teorema di Seifert-Van Kampen e sui
rivestimenti. Omologia simpliciale e omologia singolare. Successione di Mayer-Vietoris. Omologia dei CW complessi. Caratteristicadi Eulero Poincare'. Esempi ed applicazioni (spazio proiettivo reale e complesso, varieta' notevoli). Teorema dei coefficient universali. Coomologia. Prodotto Cup. Dualita' di Poincare'. Fundamental Group, Seifert-Van Kampen theorem. Coverings. Simplicial homology and singular homology. Mayer-Vietoris exact sequence. CW complexes. Euler-Poincare' characteristic. Examples and applications (projective spaces, real and complex, remarkable varieties). Universal coefficient theorem. Coomology. Cup product. Poincare duality.
Obiettivi di apprendimento. Familiarizzare con l'algebra omologica, l'omologia e la coomologia
Testi consigliati. Hatcher A., Algebraic Topology, Massey W.S., A basic course in Algebraic Topology ; note del corso scritte dal docente
Modalità di esame. Prova scritta ed esame orale.

Program. Fundamental Group, Seifert-Van Kampen theorem. Coverings. Simplicial homology and singular homology. Mayer-Vietoris exact sequence. CW complexes. Euler-Poincare' characteristic. Examples and applications (projective spaces, real and complex, remarkable varieties). Universal coefficient theorem. Coomology. Cup product.Poincare duality.
Learning objectives. Fondamental ideas and methods of algebraic topology:homological algebra, homology and cohomology.

Text books. Hatcher A., Algebraic Topology - Massey W.S., A basic course in Algebraic topology
Exam mode. Written and oral.

LABORATORIO DI CALCOLO 2 *Terzo Anno* - I Semestre - 4 CFU - settore INF/01 - 40 ore in laboratorio - il corso prevede ulteriori ore di tutorato
Prof. A. Celletti
Programma. Il corso verte sull'apprendimento della programmazione di algoritmi matematici in MATLAB.
In particolare si elaboreranno programmi in Matlab sui seguenti argomenti:
1. Aspetti algoritmici
2. Algebra lineare, vettori, matrici
3. Funzioni, input e output
4. For, while, break, if, switch
5. Grafica 2D e 3D
6. esempi: integrali e successioni
7. Serie di Taylor e di Fourier
8. Soluzione di ODE
9. Fast Fourier Transform (FFT)

Obiettivi di apprendimento. 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 seguito 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.
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 6+4 CFU - settore INF/01 - 48+40 ore in aula - il corso prevede ulteriori ore di tutorato*
Prof.ssa D. Giammarresi
Programma. Introduzione ai computer e alla programmazione. Il linguaggio C: variabili e tipi di dati fondamentali. Istruzioni di input-output. Controllo del flusso. Operatori aritmetici, logici e relazionali. Le funzioni e il passaggio dei parametri. Le funzioni ricorsive. Gli array: definizioni e applicazioni. Media, mediana, moda. Problemi di ricerca e ordinamento su array. Analisi degli algoritmi e implementazione in C di selectionsort, bubblesort, insertionsort e mergesort. Stringhe e algoritmi su analisi del testo. Le strutture. I puntatori e le strutture auto-referenzianti. Strutture dati elementari: liste, pile e code. Definizioni e loro implementazioni con strutture linkate. Alberi: definizioni, notazioni e proprietà. Implementazione con strutture linkate. Visita di alberi. Alberi binari di ricerca: definizione e implementazione in C. Grafi: definizioni e notazioni. Implementazioni con matrici di adiacenza e liste di adiacenza. Visite in ampiezza e in profondità di grafi non diretti e 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. La preparazione dello studente sarà verificata tramite il superamento di una prova di laboratorio in cui lo studente dovrà scrivere un programma in C direttamente al computer, una prova scritta ed una prova orale sulla parte di algoritmi.

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
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. A programming test in C language directly done in the computer, a written test and an oral test

LABORATORIO DI SPERIMENTAZIONI DI FISICA *Secondo Anno - I Semestre - 3 CFU - settore FIS/01 - 30 ore in laboratorio - il corso prevede ulteriori ore di tutorato*
Prof. R. Cerulli
Programma. Misura di una grandezza fisica: misura diretta e misura indiretta. Grandezze fondamentali e derivate. Sistemi di unità di misura. Cambiamenti di unità di misura. Incertezze casuali ed incertezze sistematiche. Errori di lettura. Cifre significative. Propagazione degli errori. Errore relativo. Stime di parametri. Verifica di ipotesi. Caratteristiche principali degli strumenti di misura. Grafici. Misure di lunghezza. Misure di massa. Pendolo semplice. Moto di un proiettile. Moti oscillatori. Legge di Boyle e seconda legge di Gay Lussac. Studio della carica e della scarica di un condensatore. La macchina di Stirling.
Argomenti previsti per le 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. La macchina di Stirling.

6. Carica e scarica di un condensatore

Obiettivi di apprendimento. Apprendimento del metodo sperimentale delle tecniche di base di analisi dei dati sperimentali. Alla fine del Corso lo studente avrà le conoscenze adeguate per effettuare misure di grandezze fisiche e sarà in grado di presentare i risultati delle misure in modo scientificamente corretto. Avrà inoltre acquisito la conoscenza di semplici software di calcolo per l'analisi di dati. Durante le esercitazioni, infine, lo studente avrà avuto la possibilità di studiare fenomeni fisici noti, 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. Significant figures. Propagation of uncertainties. Relative uncertainty. Electrical circuits. Passive elements, current and voltage generators. Kirchhoff's principle. Instrument in DC. Digital Multimeter. Introduction to statistical analysis of experimental data. Parameters estimation. Statistical test. Graphs.

Arguments of laboratory experiences:

1. Study of the period of simple oscillator
2. Bullet motion: ballistic instrument
3. Oscillating motions with springs
4. Study of the Boyle and Gay Lussac laws
5. Measurement of the heat capacity of a solid substance
6. Study of the charge and discharge of a capacitor
7. Study of light diffraction phenomena

Learning objective. The main objective of the course is to learn experimental method and basic techniques of experimental data analysis. At the end of the Course the student will have appropriate knowledge to perform measurements of physical quantities and will be able to present the results in a scientific and rigorous way. The student will become also familiar with simple software for data handling and analysis. During the Laboratory experiences the student will also 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 recorded together with the "Corso di Fisica Generale 2". The judgment regarding the Experimental Physics Course will be the result of the reports written by the students during each laboratory experience.

LINGUA INGLESE - Primo Anno - I Semestre - 4 CFU

Docente da definire

Course content. The lessons will be organized around various thematic units based on the course textbook and articles taken from authentic sources such as newspapers, the internet, specialized journals and hand-outs distributed in class. Each unit will focus on enhancing general

language structures, vocabulary and functions on the basis of the readings and inclass discussions. Particular attention will be given to improving reading comprehension and summarizing skills.
Main Objectives. The course aims at the consolidation and improvement of the four language skills (reading, writing, listening, and speaking) through a wide range of activities in the field of science.

PROBABILITÀ E FINANZA *Terzo Anno - I Semestre - 6 CFU - settore MAT/06 - 48 ore in aula*
Prof.ssa L. Caramellino
Programma. L'obiettivo del corso è la valutazione e la copertura delle opzioni europee ed americane quando il modello di mercato è scelto nella classe dei modelli discreti, sia in tempo che in spazio. La prima parte del corso è dedicata a cenni di teoria della misura ed approfondimenti di calcolo delle probabilità (sigma-algebre e funzioni misurabili, spazi di probabilita` 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. Lamberton, B. Lapeyre: Introduction to stochastic calculus applied to finance. Second Edition. Chapman&Hall, 2008. A. Pascucci, W.J. Runggaldier: Finanza matematica. Teoria e problemi per modelli multiperiodali. Springer Universitext, 2009.
Modalità di esame. L'esame è orale e comprende anche la discussione degli algoritmi di simulazione discussi durante il corso. Per accedere all'esame gli studenti devono consegnare per tempo (almeno 4 giorni prima della data d'esame) i programmi sulla parte numerica del corso. Per la parte numerica si fa esplicita richiesta di utilizzo di un linguaggio di programmazione (ad es. C, C++, Pascal etc., ma non Scilab o analoghi software), a
scelta dello studente. Si richiede la consegna dei file sorgente.

Program. 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 markets. The firt part is devoted to some special topis 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. 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. The final exam consists of an oral examination, which includes also a deep discussion on the simulation algorithms analyzed during the course. Students must deliver the

source codes (preferably in C or C++ language) with the resolution of the numerical exercises at least four days before the exam date (by sending an e-mail).

PROBABILITÀ E STATISTICA *Secondo Anno – 2 Semestre - 9 CFU - 72 ore in aula - il cor*so prevede ulteriori ore di tutorato

Prof. P. Baldi

Programma. Spazi di probabilità e loro proprietà. Probabilità condizionali, eventi indipendenti. Probabilità uniformi, elementi di calcolo combinatorio.

Modelli discreti, variabili aleatorie (v.a.) discrete e loro leggi; v.a. indipendenti. Leggi binomiali, geometriche, di Poisson. Speranza matematica, momenti e varianza. Disuguaglianza di Chebyshev. Covarianza. Funzioni di ripartizione. Modelli continui: leggi normali, gamma, beta. Speranza matematica, momenti e varianza. Densità congiunte, indipendenza, calcolo di leggi. Distribuzione e densità condizionale.

Funzioni caratteristiche, leggi normali multivariate. Convergenza di variabili aleatorie. La legge dei grandi numeri e sue applicazioni. Il teorema Limite Centrale e prime applicazioni. Catene di Markov a stati discreti. Classificazione degli stati. Problemi di assorbimento. Probabilità invarianti e teoremi limite.

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. P. Baldi: Calcolo delle Probabilità. Seconda edizione. McGraw-Hill, 2011.

Modalità di esame. Prova scritta ed prova orale. Durante il corso saranno proposte due prove in itinere (esoneri).

Program. Probability spaces. Conditional probabilities, independent events,
introduction to combinatorial calculus. Discrete models, discrete random variables (r.v.), their laws; independent r.v.'s. Binomial laws, geometric, Poisson. Mathematical expectation,
moments variance. Chebyshev inequality. Covariance. Partition functions.Continuous models: Gaussian laws, gamma, beta. Mathematical expectation,moments variance. Joint densities, independence, computations of laws. Conditional laws. Conditional densities. Characterictic fonctions. Multivariate Gaussian laws. Convergence. The law of Larfe Numbers and its consequences. The Central Limit Theoram, its first applications.Discrete Markov chains. Classification of the states. Invariant probabilities and convergence. Passage problems.
Testi consigliati: P. Baldi: Calcolo delle Probabilità. Seconda edizione.
McGraw-Hill, 2011.

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.

Exam mode. Written and oral exam. During the course 2 partial exams will be organized.

STATISTICA *Terzo Anno - II Semestre - 6 CFU - settore MAT/06 - 48 ore in aula*

Prof. G. Scalia Tomba

Programma. Calcolo delle probabilità: distribuzioni importanti, congiunte, di funzioni di più variabili. Teoria asintotica, convergenza in distribuzione ed in probabilità, metodo delta. Statistica matematica: modelli statistici, statistiche sufficienti, principi d'inferenza. Stimatori puntuali, intervalli di 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.

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