

## CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN MATEMATICA

### INFORMAZIONI

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

Coordinatore corso di laurea: Prof. Stefano Trapani

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

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

Il Corso di Laurea in Matematica si inquadra nella Classe delle Lauree in "Scienze Matematiche" (Classe L-35 del DM 16 Marzo 2007). Il Corso afferisce al Dipartimento di Matematica e si svolge nella macroarea di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali.

Il Coordinatore del Corso di Studio è il Prof. Stefano Trapani.

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

#### Per le matricole

**Orientamento** Viene organizzato un servizio di accoglienza, chiamato **Infodesk**, per ricevere informazioni sulle modalità di iscrizione, sul contenuto dei corsi e dialogare con studenti che già frequentano il Corso di Laurea. Infodesk è aperto dal lunedì al venerdì nei periodi dal **13 al 24 Luglio 2015 e dal 1 al 11 Settembre 2015 dalle ore 9.00 alle ore 13.00** 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 quiz a scelta multipla su argomenti di base di matematica.

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

Una **prima prova** di valutazione, si terrà a turni nei giorni tra l'**8 e il 11 settembre 2015**. Gli studenti prenotati riceveranno con preavviso di due giorni l'indicazione del giorno, ora e aula dove presentarsi (vedi anche [www.scienze.uniroma2.it](http://www.scienze.uniroma2.it)).

È prevista una **prova di recupero** del test indicativamente nei giorni dal **16 al 18 dicembre 2015**. Il test di dicembre è rivolto soprattutto a coloro che si sono immatricolati più tardi e che non hanno quindi sostenuto il test di settembre. Possono comunque partecipare al test di dicembre, se lo desiderano, anche gli studenti che non hanno superato quello di settembre (per questi però si consiglia piuttosto di concentrarsi sui corsi universitari che stanno seguendo). Il test di dicembre è gratuito per gli studenti che si erano già iscritti al test di settembre, però è necessario eseguire di nuovo la procedura di prenotazione.

Gli studenti che non dovessero superare la prima prova, o che desiderano ripassare alcuni argomenti, hanno la possibilità di colmare le proprie lacune seguendo un **corso intensivo di Matematica di base**, detto **Matematica 0**, che si terrà dal **14 Settembre al 25 Settembre** (calendario e orario su [www.scienze.uniroma2.it](http://www.scienze.uniroma2.it)).

**Un eventuale mancato superamento del test non preclude l'immatricolazione**. Coloro che non superino nessuna 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, alcuni dei quali con soluzione, sul sito

**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. 2015-16. La selezione avviene attraverso una prova scritta di argomento matematico, che si terrà in data **8 settembre 2015, alle ore 14:30**, e **Tor Vergata** è una delle sedi per il concorso. Il bando e le prove degli anni precedenti sono consultabili sul sito [www.altamatematica.it](http://www.altamatematica.it)

**Informazioni** Per informazioni sulla didattica, lo studente si può rivolgere alla segreteria del Corso di Laurea, Sig.ra Laura Filippetti, tel. 06 72594839, presso il Dipartimento di Matematica. Le informazioni sono comunque riportate nel sito web del corso di Laurea

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

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

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

### **Presentazione del corso**

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

Il Corso di laurea in matematica dà allo studente una formazione "forte". Prima di tutto apprenderà le conoscenze fondamentali e acquisirà i metodi che vengono usati nella matematica (in particolare, nell'algebra, nell'analisi e nella geometria). Ma anche le conoscenze necessarie per comprendere e utilizzare l'informatica e la fisica, per costruire modelli di fenomeni complessi (per esempio, l'andamento del prezzo di alcune azioni in Borsa o le migrazioni dei primi Homo Sapiens) per maneggiare bene il calcolo numerico e simbolico con i suoi lati operativi.

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

Studiare matematica a Tor Vergata significa poter frequentare un corso di studi completo (laurea triennale in matematica, magistrale in matematica pura ed applicata e scuola di dottorato), perché tutti i settori della ricerca, sia quelli più tradizionali sia quelli più recenti, vi sono rappresentati. Inoltre, qui si ha la possibilità di interagire con gruppi di ricerca di punta a livello nazionale e internazionale. 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](http://www.mat.uniroma2.it/didattica/regole.php)) si trova il Regolamento che con i suoi articoli disciplina e specifica gli aspetti organizzativi del corso di laurea.

Nelle tabelle successive la sigla CFU indica i crediti formativi universitari. Ogni CFU vale, convenzionalmente, 25 ore di lavoro (comprendendo le ore di lezione, di esercitazione e il lavoro individuale). Per i nostri insegnamenti, 1 CFU corrisponde al lavoro necessario per seguire e comprendere 8 ore di lezione. Come indicato nel seguito (vedi la descrizione della prova finale), alla fine del corso di studi la media viene calcolata pesando i voti con il numero di CFU del corso a cui si riferiscono. In altre parole, i corsi con molti CFU richiedono più lavoro, ma un buon voto in uno di essi conta di più alla fine. La quantità media di impegno complessivo di apprendimento svolto in un anno da uno studente è convenzionalmente fissata in 60 CFU. Per potersi laureare lo studente dovrà maturare almeno 180 crediti (compresa la prova finale).

**Lo schema del piano di studio è il seguente:**

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

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

#### **2 ANNO: Tot. 60 cfu / 8 esami**

INSEGNAMENTO	CFU	SEMESTRE	settore
Algebra 2 (B)	7	1	MAT/02
Analisi Matematica 3(C)	6	1	MAT/05
Analisi Matematica 4 (C)	7	2	MAT/05
Fisica 1 (B)	9	1	FIS/01

Geometria 3 (C)	7	1	MAT/03
Geometria 4 (C)	7	2	MAT/03
Fisica Matematica 1 (C)	8	2	MAT/07
Probabilità e Statistica (C)	9	2	MAT/06

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

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

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

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

### Elenco dei corsi attivati e didattica erogata nell'A.A. 2015/16

#### 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.

	Calcolo delle Variazioni	MAT/05	6	2	Opz.
	Crittografia	MAT/03	6	1	Opz.
	Fondamenti di programmazione: metodi evoluti	INF/01	6	2	Opz.
	Probabilità e finanza	MAT/06	6	2	Opz.
	Statistica	MAT/06	6	2	Opz.
	Algebra commutativa	MAT/02	6	1	Opz.
	Topologia algebrica	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. Guido, 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. 2015/16:

**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.
	Fisica matematica 3	MAT/07	6		Opz.
	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 6	MAT/05	6		Opz.
	Analisi numerica 2	MAT/08	6		Opz.

### **Calendario 2015/2016**

I corsi hanno durata semestrale. I corsi del primo semestre si terranno dal 28 settembre 2015 al 15 Gennaio 2016. Quelli del secondo semestre, dal 1 marzo 2016 al 3 Giugno 2016. Il 24 Settembre 2015 alle ore 10.00, in aula L3, si terrà un incontro con gli studenti che frequenteranno il terzo anno nel quale i docenti illustreranno brevemente i programmi dei corsi.

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

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

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

### **Piani di studio**

Entro il mese di luglio, gli studenti iscritti al secondo anno devono presentare al Coordinatore del Corso di Laurea un piano di studio, in cui indicano le proprie scelte relativamente alla parte

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

### **Prova finale del corso di Laurea**

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

a) *Esame di cultura*: questo tipo di prova richiede il superamento di un esame scritto su argomenti di base appresi durante il corso di studi, che metta in risalto la comprensione e la capacità d'uso, da parte dello studente, del carattere interdisciplinare di tali nozioni. Lo svolgimento della prova scritta viene curato dalla commissione di laurea, con la quale lo studente discuterà il proprio elaborato nella seduta di laurea. Per agevolare il compito dello studente che sceglie questo tipo di prova finale, viene fornito un apposito corso di Preparazione all'Esame di Cultura (PEC) che sarà tenuto nel secondo semestre. Questa scelta è particolarmente indicata per chi intende proseguire gli studi con la Laurea magistrale.

b) *Tesina*: questo tipo di prova richiede, da parte dello studente, l'approfondimento di un argomento affine al contenuto di un corso presente nel proprio piano di studio ed è consigliato, in particolare, agli studenti che intendano 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](http://www.mat.uniroma2.it/didattica) nella sezione "trasferimenti" si possono leggere le istruzioni per ottenere un parere preventivo su eventuali convalide di esami sostenuti in precedenti corsi di laurea di provenienza. Gli studenti che si trasferiscono da altri corsi di studio devono sostenere il test di valutazione. Per poter essere esonerati dal sostenerlo devono aver maturato crediti del settore MAT nel corso di studio di provenienza. In tal caso, è sufficiente riempire il [modulo](#) reperibile sul sito web del corso di studio nella pagina della laurea triennale alla voce immatricolazioni, che dovrà essere inviato in formato elettronico a [dida@mat.uniroma2.it](mailto:dida@mat.uniroma2.it) e consegnato in versione cartacea, debitamente firmato, presso la segreteria del corso di laurea in Matematica (Sig.ra Laura Filippetti).

## Programmi dei corsi

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

**Proff. F. Brenti, F. Gavarini**

**Programma.** **INSIEMI:** Insiemi e operazioni tra insiemi. Funzioni. Relazioni. **LOGICA:** Proposizioni. Proposizioni composte. La negazione di una proposizione. La congiunzione, disgiunzione, e disgiunzione esclusiva, di due proposizioni. L'implicazione da una proposizione ad un'altra. L'equivalenza di due proposizioni. Predicati e quantificatori. La negazione di un quantificatore. Dimostrazioni dirette. Dimostrazioni per assurdo. **NUMERI:** Numeri naturali. Il Principio di Induzione Matematica. Cardinalità di insiemi. Calcolo combinatorio elementare. Numeri interi. Numeri razionali. Numeri complessi. Massimo comun divisore e l'algoritmo euclideo. Fattorizzazione in  $\mathbb{Z}$ . Numeri primi. Teorema Fondamentale dell'Aritmetica. Congruenze. Risoluzione di congruenze lineari. Funzione di Eulero. Teorema di Eulero. Teorema di Fermat-Eulero. Algoritmo di crittografia RSA. **GRUPPI:** Definizione ed esempi. Sottogruppi. Il gruppo simmetrico. Relazione di coniugio. Classi laterali modulo un sottogruppo e teorema di Lagrange. Isomorfismo tra gruppi. Omomorfismi. Sottogruppi normali. Gruppi quoziente. Teorema fondamentale di omomorfismo tra gruppi. **POLINOMI:** Funzioni polinomiali e polinomi. Divisione tra polinomi. MCD e fattorizzazione. Questioni di irriducibilità. L'equazione di terzo grado e la formula di Cardano. **ANELLI:** Definizioni ed esempi. Sottoanelli. Omomorfismi tra anelli. Ideali. Anelli quoziente. Teorema di omomorfismo tra anelli.

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

**Modalità di esame.** Un test intermedio di autovalutazione; esame finale scritto.

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

**Proff. R. Schoof, A. Iannuzzi**

**Programma.** Il materiale coperto dagli esercizi dei fogli 1-16. Parole chiave: gruppi, gruppi commutativi, gruppi liberi, gruppi finiti, presentazioni, sottogruppi, sottogruppi normali, classi laterali, quozienti, prodotti di gruppi, commutatori, centro, gruppi risolubili, omomorfismi, nucleo, immagine, teorema dell'isomorfismo, prodotto semidiretto, gruppi semplici, Teorema di Cauchy, generatore, ordine, azioni, orbite, stabilizzatore, Formula di Burnside, Teorema di Lagrange, sottogruppi di Sylow, Teoremi di Sylow, automorfismi, coniugio, automorfismi interni, funzione phi di Eulero, struttura di gruppi abeliani finiti, gruppi simmetrici, alterni, ciclici, diedrali,  $GL_n$ ,  $SL_n$ ,  $Z_n^*$ , quaternioni. anelli, anelli commutativi con 1, anelli di polinomi, gruppo degli elementi invertibili di un anello,  $\mathbb{Z}$ , anelli di serie di potenze, moduli, spazi vettoriali, ideali, anelli quozienti, prodotto di anelli, sottoanelli, omomorfismi, nucleo, immagine, Teorema dell'isomorfismo, divisori di zero, domini, domini euclidi, domini ad ideali principali, domini a fattorizzazione unica, ideali primi, ideali massimali, spettro, topologia di Zariski, elementi irriducibili, elementi primi, Lemma di Gauss, criterio di Eisenstein, polinomio derivato campi, campi algebricamente chiusi, chiusura algebrica, Lemma di Zorn, grado, elementi algebrici, elementi trascendenti, campo di spezzamento di un polinomio, campi finiti, campo dei numeri costruibili,  $\mathbb{C}$  e' algebricamente chiuso,  $\mathbb{Q}$ ,  $\mathbb{R}$ . Teoria di Galois

**Testi consigliati.** Artin, M. : Abstract Algebra, 2nd ed, Addison-Wesley, 2010. Dummit, D. and Foote, R.: Abstract Algebra, 3rd ed, 2003. (djvu reader). Schoof, R. and Van Geemen, B.: Dispense di Algebra, Pavia 2001. Lang, Serge: Algebra, Addison-Wesley, Reading 1965. (Revised third edition) Graduate Texts in Math 211, Springer-Verlag, Berlin 2002. Bourbaki, N.: Algebra (Ch. 1-3, 4-7), Elements of Mathematics, Springer-Verlag, Berlin 1998.

**Obiettivi di apprendimento.** Si tratta del proseguimento del corso di ALGEBRA I. Presentiamo la teoria di base di gruppi, anelli e campi. Prerequisiti: il corso di algebra I.

**ALGEBRA COMMUTATIVA** Terzo Anno - I Semestre - 6 CFU - settore MAT/02 - 48 ore in aula  
**Prof.ssa E. Strickland**

**Programma.** Anelli commutativi. Moduli su anelli commutativi. Condizioni di finitezza per anelli e moduli. Ideali, annullatore e radicale di un ideale. Coprimalità e radicali. Successioni esatte. Limiti diretti. Prodotti tensoriali. Piattezza. Teorema di Cayley-Hamilton. Localizzazione di anelli e moduli. Condizioni sulle catene. Primi associati. Decomposizione primaria. Lunghezza. Funzioni di Hilbert. Completamenti. Anelli di valutazione discreta. Domini di Dedekind. Ideali frazionari.

**Testi consigliati:** M.F. Atiyah, I.G. Macdonald, "Introduzione all'algebra commutativa" , Feltrinelli, Milano, 1981 S. Lang, "Algebra" revised Third Edition, Graduate Texts in Mathematics 211, Springer-Verlag, New-York, Inc. 2002 A. Altman, S. Kleiman "A term of Commutative Algebra" Free Digital PDF 2014 MIT, web.mit.edu/18.705/www12Nts-2up-pdf

**Obiettivi di apprendimento.** Acquisizione dei fondamenti e dei risultati chiave dell'algebra commutativa, basandosi sui prerequisiti offerti dai corsi di Algebra 1 e 2.

**Modalità di esame.** Esame orale

**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**

La pagina web sarà: <http://www.mat.uniroma2.it/~guido/teaching/2015-16/AM1prog.php>

**Programma.** Numeri naturali e principio di induzione. Numeri interi relativi e numeri razionali. Numeri reali. Numerabilità di  $\mathbb{Z}$  e  $\mathbb{Q}$  e non numerabilità di  $\mathbb{R}$ . Numeri complessi. Topologia della retta reale. Estremo superiore e inferiore. Teorema di Bolzano-Weierstrass. Funzioni elementari e loro principali proprietà. Successioni: limiti di successioni, principali teoremi sui limiti, teoremi di confronto e teoremi algebrici, successioni monotone, massimo e minimo limite, il numero  $e$ . Limiti di funzioni reali 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.

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

**Obiettivi di apprendimento.** Il corso si propone di illustrare alcuni concetti base del calcolo differenziale. 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.

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

**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  $\mathbb{R}^n$ . Teorema delle contrazioni in uno spazio metrico completo.

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

**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.

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

**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.** Calcolo differenziale per funzioni di più variabili reali. Integrazione di Riemann in più variabili e misura di Peano-Jordan. Curve in  $\mathbb{R}^n$ . Forme differenziali. Teorema delle funzioni implicite.

**Obiettivi di apprendimento.** Nozioni fondamentali del calcolo differenziale e integrale per funzioni in più variabili.

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

**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. Il lemma delle contrazioni. Caratterizzazione degli spazi metrici compatti. Compattezza in spazi di funzioni continue: teoremi di Ascoli-Arzelà e Dini.

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. 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 Bernoulli. Globalità delle soluzioni massimali in ipotesi di sublinearità del campo di vettori. Prolungabilità di soluzioni massimali 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: il caso di autovalori distinti. Formula di variazioni delle costanti arbitrarie. Equazioni differenziali lineari di ordine  $n$ . Soluzioni fondamentali, matrice wronskiana e metodo della variazione delle costanti arbitrarie. Equazioni a coefficienti costanti: equazione caratteristica e sistema fondamentale di soluzioni dell'omogenea. Equazioni di Eulero. Ricerca di soluzioni particolari con termini noti di tipo speciale. Flusso di un campo regolare. Continuità e proprietà di semigruppato del flusso. Punti di equilibrio. Classificazione degli equilibri. Analisi degli equilibri di sistemi lineari autonomi bidimensionali. Funzioni di Liapunov. Teorema di stabilità di Liapunov. Criteri per lo studio del bacino di attrazione di un punto di equilibrio asintoticamente stabile. Criterio di instabilità. Metodo della linearizzazione. Applicazione al modello predatore-preda. Serie di funzioni. Generalità sulle serie di funzioni. Convergenza puntuale, convergenza uniforme e convergenza totale. Scambio di somma e derivata, di somma e integrale. Serie di potenze. Funzioni analitiche. Serie di Fourier. Funzioni periodiche. Sviluppi in serie di Fourier. Disuguaglianza di Bessel. Convergenza puntuale e convergenza uniforme della serie di Fourier. Determinazione della migliore costante in disuguaglianze di Poincaré. Superfici. Porzioni di superfici regolari. Piano tangente e versore normale. Superfici cartesiane e superfici di rotazione. Parametrazioni equivalenti e area di una porzione di superficie regolare. Calcolo delle aree di alcune porzioni di superfici regolari (sfera, cono, toro, paraboloidi, rotazione di una cicloide). Integrale di una funzione continua su una porzione di superficie regolare. Teoremi di Gauss-Green e Stokes. Formula di Gauss-Green nel piano. Applicazione al calcolo di aree. Soluzione del problema isoperimetrico nel piano.

Il teorema di Stokes nello spazio tridimensionale.

Insiemi semplicemente connessi. Punti di estremo vincolato. Varietà differenziabili immerse in spazi euclidei. Spazio tangente e spazio normale in un punto. Punti di estremo vincolato di una funzione su varietà. Metodo dei moltiplicatori di Lagrange per la ricerca dei punti di estremo vincolato. Applicazioni: disuguaglianze fra medie; interpretazione variazionale degli autovalori di una matrice simmetrica.

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

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

**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.

**Modalità di esame.** Prova scritta e prova orale. Sono previste prove in itinere

**ANALISI NUMERICA 2** Terzo Anno - II Semestre - 6 CFU settore MAT/08 - 48 ore in aula - aula- il corso prevede ulteriori ore di tutorato

**Prof. P. Zellini**

**Programma.** Il corso si svolgerà soprattutto su questioni di complessità computazionale numerica, un tema che si è sviluppato soprattutto dalla seconda metà del secolo scorso e su cui esiste ormai una vastissima letteratura scientifica, di orientamento sia matematico che informatico. Si tratta di introdurre le tecniche principali per misurare, in generale, la difficoltà di calcolo di una funzione. Le funzioni che saranno esaminate intervengono regolarmente nel calcolo algebrico e nella matematica computazionale, e dall'efficienza degli algoritmi che ne calcolano i valori su diversi campi numerici, in serie o in parallelo, dipende tutto il calcolo scientifico (automatico) su grande scala. Gli argomenti trattati, a grandi linee, saranno i seguenti:

1. Tecniche per ridurre la complessità computazionale mediante algoritmi ricorsivi. Metodo *divide et impera* e applicazioni al prodotto di interi e di polinomi. Prodotto di matrici e risoluzione numerica di un sistema di  $n$  equazioni lineari con un numero asintotico di operazioni dell'ordine di  $n^t$ , con  $t < 3$ . Algoritmo di Strassen e sue applicazioni al calcolo di polinomi.
2. Limiti inferiori di complessità moltiplicativa di funzioni razionali. Teoremi di Winograd e di Fiduccia. Complessità del prodotto matrice-vettore. Ottimalità del metodo di Horner per il calcolo di un polinomio. Prodotto ottimale di due numeri complessi con tre operazioni reali. Rapporto tra complessità e stabilità algoritmica. Complessità in funzione del grado di una funzione razionale.
3. Calcolo ottimale di funzioni bilineari. Programmi bilineari come modello più generale di calcolo di insiemi di forme bilineari. Rango di tensori su un campo. Risoluzione di sistemi lineari. Applicazioni a matrici con speciale struttura. Matrici di Toeplitz.
4. Calcolo ottimale di una convoluzione discreta. Matrici circolanti e trasformata discreta di Fourier. Algoritmi FFT.
5. Analisi del costo computazionale di algoritmi iterativi per problemi lineari e non lineari. Efficienza di un metodo iterativo. Calcolo parallelo. Criteri per ridurre la complessità su un modello di calcolo parallelo.
6. Calcolo parallelo di un polinomio e di una funzione razionale. Risoluzione in parallelo di un sistema lineare. Parallelizzazione mediante algoritmi iterativi: sistemi lineari con matrice tridiagonale.

**Modalità di esame.** L'esame finale consisterà in una prova orale. Non si escludono tuttavia prove scritte intermedie.

**ANALISI REALE E COMPLESSA** Terzo Anno - I Semestre - 8 CFU - settore MAT/05 - 64 ore in aula- il corso prevede ulteriori ore di tutorato

**Proff. R. Molle, L. Geatti**

**Programma.** La prima parte del programma verterà sulla teoria della misura e dell'integrazione secondo Lebesgue, sulle misure prodotto e Teorema di Fubini-Tonelli; tratteremo infine alcune applicazioni di questa teoria.

La seconda parte del programma sarà così articolata: Numeri complessi, le funzioni  $\exp$ ,  $\sin$ ,  $\cos$  e logaritmo sui complessi. Derivate parziali rispetto alla variabile complessa ed il suo coniugato. Integrali curvilinei complessi. Forme differenziali chiuse ed esatte, la forma  $f(z)dz$ . Funzioni oloomorfe, condizione di Cauchy-Riemann. Esempi di funzioni oloomorfe, tra quali le serie di potenze. Funzioni armoniche, armoniche coniugate. Teorema integrale di Cauchy, primitive di funzioni oloomorfe. Formula integrale di Cauchy. Sviluppo locale delle funzioni oloomorfe in serie di potenze. Disuguaglianze di Cauchy, teorema di Liouville, teorema fondamentale dell'Algebra. Il principio dell'unicità per funzioni oloomorfe. Teorema di Morera. Molteplicità degli zeri di funzioni oloomorfe. L'inversione delle funzioni oloomorfe. Teorema dell'applicazione aperta. Principio del massimo. Teorema di convergenza di Weierstrass. Teorema di Montel. Punti singolari isolati, sviluppo in serie di Laurent, classificazione delle singolarità. Residui, Funzioni meromorfe, principio dell'argomento. Teorema dei residui. Calcolo di integrali col metodo dei residui. Funzioni biolomorfe, teorema della mappa di Riemann.

**Testo di riferimento.** Dispense di C. Rea: Analisi reale e complessa; "Measure and Integral: An Introduction to Real Analysis", Richard L. Wheeden, Antoni Zygmund, Marcel Dekker, 1977; "Complex Analysis", Ian Stewart, David Tall, Cambridge University Press, 1990; Testi ed esercizi distribuiti durante il corso.

**Obiettivi di apprendimento.** Introdurre lo studente alle tecniche base dell'integrazione secondo Lebesgue e della teoria delle funzioni oloomorfe ed armoniche di una variabile complessa, tecniche utilizzate nella maggior parte della ricerca e pratica matematica.

**Modalità di esame.** Due test durante le lezioni, esame scritto ed orale.

**CALCOLO DELLE VARIAZIONI** Terzo Anno -II Semestre - 6 CFU - settore MAT/05 - 48 ore in aula

**Prof. A. Braides**

**Programma.** Problemi classici e il metodo indiretto: equazioni di Eulero e altre condizioni di ottimalità, condizioni sufficienti. Alcuni esempi classici. Introduzione al metodo diretto: estensione del concetto di funzione derivabile, estensione del teorema di Weierstrass al caso di dimensione infinita, teoremi di esistenza. il ruolo della convessità. Alcuni esempi moderni e applicazioni.

**Obiettivi di apprendimento.** L'oggetto del Calcolo delle Variazioni è lo studio di problemi di minimo, molti dei quali provengono da principi della Fisica o da concreti problemi in cui si vuole ottimizzare qualche quantità rappresentabile in senso matematico tramite una funzione. Tali problemi di minimo trattano quindi funzioni di funzioni, che per evitare confusione vengono chiamate funzionali, per i quali si possono cercare di applicare i ragionamenti visti nei primi corsi di Analisi: da una parte provare che i minimi soddisfano alcune condizioni differenziali analoghe ad annullare la derivata prima e in alcuni casi avere la derivata seconda positiva (per cui va esteso il concetto di derivazione anche ai funzionali), dall'altra provare teoremi di esistenza analoghi al teorema di Weierstrass (per cui si devono trovare delle condizioni che sostituiscano le ipotesi di continuità e compattezza quando la variabile è una funzione). Il corso quindi vuole partire da nozioni che gli studenti hanno già visto nei corsi base, esaminare dei problemi classici dell'Analisi risolvendoli con il calcolo delle variazioni, per introdurre poi dei concetti fondamentali dell'applicazione moderna della matematica.

**CRITTOGRAFIA** Terzo Anno - I Semestre -6 CFU - settore MAT/03 - 48 ore in aula

**Prof. W. Baldoni**

**Programma.** Verranno presentati i principali sistemi crittografici che si basano sulla matematica, illustrando le tecniche su cui essi si basano e i principali algoritmi che permettono di risolvere problemi computazionali ad essi correlati. In particolare, si utilizzeranno l'aritmetica modulare e la teoria dei campi per discutere test di primalità, algoritmi di fattorizzazione, metodi di calcolo di logaritmi discreti.

**Testi consigliati.** "Aritmetica, crittografia e codici", Baldoni, W.M., Ciliberto, C., Piacentini Cattaneo, G.M., Collana: UNITEXT

**Obiettivi di apprendimento.** Fornire le basi necessarie e le competenze tecniche più avanzate per comprendere i concetti principali della crittografia anche nell'ambito della sicurezza delle informazioni.

**Modalità di esame.** L'esame sarà scritto e orale.

**FISICA 1** Secondo Anno - I Semestre - 9 CFU - settore FIS/01 - 72 ore in aula - il corso prevede ulteriori ore di tutorato

**Prof. M. Bassan**

**Programma.** Cinematica del punto. Moti relativi. Dinamica del punto. Meccanica relativistica. Lavoro ed energia, campi conservativi. Leggi di conservazione. Oscillatore armonico. Dinamica dei sistemi di punti, sistemi rigidi. Legge di gravitazione universale. Temperatura e calore, i tre principi della termodinamica, entropia. Gas perfetti. Macchine termiche. Potenziali termodinamici.

**Testi consigliati.** Un qualunque manuale di Meccanica classica e Termodinamica che usi il calcolo differenziale e integrale. Ad esempio: Bettini: Meccanica e Termodinamica - db Zanichelli; Mazzoldi Nigro Voci: Fisica I (NON elementi di Fisica) – Edises.

**Obiettivi di apprendimento.** Avvicinare lo studente alla descrizione quantitativa della realtà fisica ed alla rappresentazione di questa mediante modelli risolvibili, anche mediante ricorso ad approssimazioni.

**Modalità di esame.** L'esame ha una prova scritta (talvolta vi sono prove di esonero dallo scritto) e una orale.

**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.** Prerequisiti: FISICA 1, Campi vettoriali, calcolo differenziale ed integrale in  $R^3$ , teoremi di Stokes.

Il campo elettrico (leggi di Coulomb e Gauss), il potenziale elettrostatico. Il 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 di apprendimento.** 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

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

**Proff. C. Liverani, U. Locatelli**

**Programma.** Introduzione ai modelli matematici di fenomeni naturali. Studio qualitativo delle equazioni differenziali ordinarie. Meccanica del punto materiale. Cinematica del punto in un riferimento dato. Dinamica di un punto materiale in un riferimento galileiano. Moti unidimensionali. Problema inverso. Equilibrio e stabilità. Moti centrali. Problema di Keplero. Determinazione dell'orbita. Generalità sui sistemi meccanici. Equazioni cardinali. Vincoli, sistemi vincolati. Cinematica rigida. Moti relativi. Moti rispetto a riferimenti non inerziali. Forze apparenti. Prime nozioni di statica e dinamica del corpo rigido. Sistemi Lagrangiani.

**Obiettivi di apprendimento.** L'obiettivo formativo del corso è di acquisire la capacità di modellizzare e comprendere la realtà attraverso modelli matematicamente rigorosi.

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

**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. Diseguaglianza di Harnack e Teorema di Liouville. Soluzione fondamentale e funzione di Green. Formule di rappresentazione di Green. Cenni al problema esterno. Equazioni del primo ordine: equazione lineare del trasporto. Modelli non lineari e metodo delle caratteristiche. Onde di shock e condizione di Rankine-Hugoniot. Problema dell'unicità e cenni alla condizione di entropia. Trasformata di Fourier 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.

**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. Strutture di dati. Ereditarietà multipla. Programmazione guidata dagli eventi ed agenti. Introduzione all'ingegneria del software. Sviluppo di un progetto didattico.

**Testi consigliati.** "Program Well with Objects and Contracts", Bertrand Meyer, Springer. Materiale didattico: su internet

[www.mat.uniroma2.it/~nardelli/fondamenti-programmazione-metodi-evoluti](http://www.mat.uniroma2.it/~nardelli/fondamenti-programmazione-metodi-evoluti).

**Obiettivi di apprendimento.** Imparare gli elementi fondamentali per padroneggiare la programmazione in modo professionale. Scrivere un programma che in qualche modo funziona è abbastanza facile. Non richiede di sporcarsi le mani, né di faticare. Viceversa, scrivere un programma che funziona in modo robusto ed affidabile, anche e soprattutto man mano che lo si modifica ed aggiorna, richiede strumenti e tecniche adeguate. In questo corso, per raggiungere tale obiettivo, si utilizza: il linguaggio orientato agli oggetti Eiffel, la metodologia di progetto Design by Contract, l'approccio outside-in allo sviluppo di programmi. Per saperne di più si suggerisce di leggere le due prefazioni (una orientata allo studente, l'altra al docente) del libro di testo.

**Modalità di esame.** L'esame consiste nello svolgimento di una prova scritta, con sua eventuale discussione orale. Per gli studenti del Corso di Laurea Magistrale (che devono aver inserito questo insegnamento nel loro piano di studi con 8 CFU) è previsto anche lo svolgimento di un progetto individuale di sviluppo di un programma in Eiffel. La prova scritta è costituita da esercizi e domande sull'intero programma del corso. L'eventuale discussione orale ha l'obiettivo di chiarire la valutazione dello scritto ed investigare aspetti del programma sui quali il docente ritiene opportuno, a sua discrezione, un approfondimento del livello di preparazione dell'esaminando. Gli studenti del Corso di Laurea Magistrale (e solo loro!) devono invece inviare una mail al docente.

**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

**Proff. F. Tovenà, I. Damiani**

**Programma.** 1. 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 Rouchè-Capelli. Primo e secondo teorema di unicità. 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 degenera 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

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

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

**Obiettivi di apprendimento.** Conoscenza e comprensione: apprendere le nozioni di base relative all'algebra lineare, agli spazi affini e euclidei; leggere e comprendere risultati di base relativi a tali argomenti. Capacità di applicare conoscenza e comprensione: lo studente sa utilizzare spazi vettoriali e applicazioni lineari; 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.

**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. C. Ciliberto, F. Flamini**

**Programma.** 1.-Algebra lineare: Spazi vettoriali quoziente. Diagonalizzazione di un endomorfismo di uno spazio vettoriale. Autovettori e autovalori. Il Teorema di Hamilton Cayley. Forma canonica di Jordan. Prodotti scalari e hermitiani e forme quadratiche. Procedimenti di ortogonalizzazione. Il Teorema di Jacobi. Forme quadratiche reali. Il criterio di Sylvester. Il teorema di decomposizione spettrale. Spazio duale di uno spazio vettoriale.

2.-Geometria affine e proiettiva: 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.

3.- Elementi di Storia: Elementi dello sviluppo delle discipline algebriche e geometriche nell'era moderna.

**Testi consigliati.** C. Ciliberto, "Algebra Lineare", Boringhieri; Appunti dalle lezioni disponibili in rete; E. Fortuna, R. Frigerio, R. Pardini, "Geometria proiettiva Problemi risolti e richiami di teoria", Ed. Springer Italia; E. Sernesi, "Geometria 1", Ed. Bollati-Boringhieri; A. Franchetta e A. Morelli, "Esercizi di geometria", Parte 1 e 2, Ed. Liguori (per gli esercizi).

**Obiettivi di apprendimento.** Apprendimento della geometria affine complessa, della geometria proiettiva e della teoria delle coniche, con abilità nella risoluzione di esercizi. Apprendimento di

elementi più avanzati di algebra lineare con abilità nella risoluzione di esercizi. Apprendimento di elementi storici con capacità espositiva dei medesimi.

**Modalità di esame.** Vi sarà 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 sarà dato un foglio su cui sono scritti cinque quesiti a risposta multipla. Lo studente dovrà contrassegnare con una crocetta esclusivamente la risposta o le risposte che ritiene corrette. Alla fine della prova lo studente dovrà consegnare esclusivamente il suddetto foglio con le risposte da lui date, senza alcun 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, altrimenti ha valore zero. La prova sarà considerata sufficiente se lo studente svolge in modo totalmente corretto almeno tre esercizi. Durante la prova è consentito consultare testi e/o appunti, ma è vietato collaborare con altri candidati, pena l'esclusione dalla prova. Per ogni appello di esame sarà prevista una prova scritta la quale, qualora superata, sarà valida solo per la sessione di esame cui si riferisce quell'appello. Gli studenti che abbiano sostenuto, ma non superato, la prova scritta potranno ciononostante sostenere quella orale, ma il voto finale terrà conto dell'esito negativo dello scritto. La prova orale consisterà in domande su tutto il programma svolto ed anche sulla prova scritta. Non verranno concessi appelli straordinari.

**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, G. Marini**

**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. Teoremi di esistenza ed unicità per spazi di rivestimento. Il rivestimento universale.

Libro di testo. C. Kosniowski, Introduzione alla topologia algebrica, Zanichelli

**Obiettivi di apprendimento.** Introduzione alla topologia generale ed algebrica.

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

**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, F. Flamini**

**Programma.** Algebra tensoriale. Curve differenziabili. Lunghezza di un arco di curve e parametro arco. Curvatura e torsione. Formule di Frenet. Teorema di esistenza e unicità. Superfici regolari nello spazio. Forme differenziali. Piano tangente. Prima forma fondamentale. Area di una superficie regolare. Mappa di Gauss. La seconda forma fondamentale. Il Theorema Egregium di Gauss. Formule di Gauss-Weingarten. Teorema di esistenza e unicità. Trasporto parallelo e geodetiche. Il teorema di Gauss-Bonnet. Qualche teorema di classificazione. Quadriche. Definizione di varietà differenziabile. Gruppi di Lie e azioni di gruppi.

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

**Modalità di esame.** Vi sarà 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 sarà dato un foglio su cui sono scritti cinque quesiti a risposta multipla. Lo studente dovrà contrassegnare con una crocetta esclusivamente la risposta o le risposte che ritiene corrette. Alla fine della prova lo studente dovrà consegnare esclusivamente il suddetto foglio con le risposte da lui date, senza alcun 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, altrimenti ha valore zero. La prova sarà considerata sufficiente se lo studente svolge in modo totalmente corretto almeno tre esercizi. Durante la prova è consentito consultare testi e/o appunti, ma è vietato collaborare con altri candidati, pena l'esclusione dalla prova. Per ogni appello di esame sarà prevista una prova scritta la quale,

qualora superata, sarà valida solo per la sessione di esame cui si riferisce quell'appello. Gli studenti che abbiano sostenuto, ma non superato, la prova scritta potranno ciononostante sostenere quella orale, ma il voto finale terrà conto dell'esito negativo dello scritto. La prova orale consisterà in domande su tutto il programma svolto ed anche sulla prova scritta. Non verranno concessi appelli straordinari.

**LABORATORIO DI PROGRAMMAZIONE E INFORMATICA 1** Primo Anno - Il 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.

**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.

**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.

**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.

**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.ssa 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)

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

**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

**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).

**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.

**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.

**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 STATISTICA** Secondo Anno – 2 Semestre - 9 CFU - settore MAT/06 - 72 ore in aula - il corso prevede ulteriori ore di tutorato

**Proff. L. Caramellino, C. Macci**

**Programma.** Spazi di probabilità e proprietà. Probabilità condizionali, eventi indipendenti. Probabilità uniformi, elementi di calcolo combinatorio. Modelli discreti; variabili aleatorie (v.a.) discrete e 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 e Gamma. 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 applicazioni. Il teorema Limite Centrale. Catene di Markov a stati discreti. Calcolo di leggi congiunte. Classificazione degli stati. Problemi di assorbimento. Probabilità invarianti e teoremi limite. Il corso prevede attività di tutorato.

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

**Obiettivi di apprendimento.** Comprensione del linguaggio proprio della probabilità e della statistica; conoscenza dei concetti di base della probabilità e della statistica, senza la teoria della misura; capacità di istituire collegamenti con le materie di base della laurea triennale (analisi, algebra lineare, geometria, etc.); risoluzione di problemi, anche reali, con la costruzione di modelli probabilistici eventualmente dinamici (catene di Markov).

**Modalità di esame.** Prova scritta e prova orale. Durante il corso potranno essere proposte due prove in itinere (esoneri).

**PROBABILITÀ E FINANZA** Terzo Anno - II Semestre - 6 CFU - settore MAT/06 - 48 ore in aula  
**Prof.ssa A. Calzolari**

**Programma:** prerequisiti di probabilità: condizionamento e martingale; modelli discreti per la finanza: opzioni europee, arbitraggio e completezza del mercato; il modello di Cox, Ross e Rubinstein, passaggio al limite e formula di Black e Scholes; opzioni americane; metodi numerici Monte Carlo per la finanza.

**Obiettivi di apprendimento.** Si introduce la teoria moderna della finanza matematica.

**Modalità di esame.** Prova orale.

**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.

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

**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.

**Modalità di esame.** Esame finale scritto.

**TOPOLOGIA ALGEBRICA** Terzo Anno - II Semestre - 6 CFU - settore MAT/03 - 48 ore in aula  
**Prof. G. Marini**

**Programma.** Prerequisiti: gruppo fondamentale e applicazioni, rivestimenti (gli argomenti di Topologia Algebrica svolti nel corso di 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. Caratteristica di Eulero Poincarè. Esempi ed applicazioni (spazio proiettivo reale e complesso, varietà notevoli). Teorema dei coefficienti universali. Coomologia. Prodotto Cup. Dualità di Poincarè.

**Testi consigliati.** Hatcher A., Algebraic Topology Massey W.S., A basic course in Algebraic Topology

**Obiettivi di apprendimento.** Familiarizzare con l'algebra omologica, l'omologia e la coomologia

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

ooo

Per ulteriori informazioni consultare i siti:

<http://uniroma2public.gomp.it/Programmazioni/render.aspx?UID=40e2a41a-e053-4f43-b424-8ad714fa5ac5>

<http://www.mat.uniroma2.it/ndida/docenti1516.php>