

**Università degli Studi di Milano-Bicocca**

# **SCUOLA DI SCIENZE**

GUIDA PER GLI STUDENTI IMMATRICOLATI  
NELL'A.A. 2017/2018

# **MATEMATICA**

LAUREA DI PRIMO LIVELLO  
LAUREA MAGISTRALE  
DOTTORATO

**ANNO ACCADEMICO 2017-2018**

## Indice generale

|  |    |
|--|----|
| Introduzione.....  | 4  |
| Laurea triennale (L-35).....   | 5  |
| Schema riassuntivo degli insegnamenti.....   | 5  |
| Regolamento didattico.....   | 6  |
| Premessa.....  | 6  |
| Presentazione.....   | 6  |
| Obiettivi formativi specifici e descrizione del percorso formativo.....  | 6  |
| Profili professionali e sbocchi occupazionali.....   | 9  |
| Norme relative all'accesso.....  | 9  |
| Modalità di ammissione.....  | 9  |
| Organizzazione del Corso di Laurea.....  | 10 |
| Prova finale.....  | 15 |
| Modalità di svolgimento della prova finale.....  | 15 |
| Riconoscimento CFU e modalità di trasferimento.....  | 15 |
| Attività di ricerca a supporto delle attività formative che caratterizzano il profilo del corso di studio..... | 15 |
| Docenti del corso di studio.....   | 16 |
| Altre informazioni.....  | 16 |
| INSEGNAMENTI.....  | 17 |
| Laurea Magistrale (LM-40).....   | 41 |
| Schema riassuntivo degli insegnamenti.....   | 41 |
| Regolamento didattico.....   | 43 |
| Premessa.....  | 43 |
| Presentazione.....   | 43 |
| Obiettivi formativi specifici e descrizione del percorso formativo.....  | 44 |
| Sbocchi professionali.....   | 46 |
| Norme relative all'accesso.....  | 47 |
| Modalità di ammissione.....  | 47 |
| Organizzazione del corso.....  | 47 |
| Prova finale.....  | 53 |
| Modalità di svolgimento della prova finale.....  | 53 |
| Riconoscimento CFU e modalità di trasferimento.....  | 53 |

|  |     |
|--|-----|
| Attività di ricerca a supporto delle attività formative che caratterizzano il profilo del corso di studio..... | 54  |
| Docenti del corso di studio.....   | 55  |
| Altre informazioni.....  | 56  |
| INSEGNAMENTI.....  | 57  |
| Dottorato di ricerca.....  | 96  |
| Formazione insegnanti.....   | 99  |
| Informazioni utili.....  | 100 |
| Valutazione della preparazione iniziale (VPI).....   | 100 |
| Attività didattiche di supporto.....   | 100 |
| Accordi formativi con enti esterni.....  | 102 |
| Incentivi economici per gli studenti di Matematica.....  | 102 |
| Centro Matematica.....   | 102 |
| Biblioteca.....  | 102 |
| Indirizzi utili.....   | 103 |

# Introduzione

## Quale formazione?

Il laureato in Matematica ha, per sua attitudine e formazione, la capacità di trattare problemi complessi e astratti, così come ha facilità ad apprendere concetti nuovi. Questo gli permette di inserirsi senza troppa difficoltà negli ambienti di lavoro scientifici e tecnici più disparati. Maggiori sono la preparazione e la capacità del laureato, maggiore è la possibilità di mettere a frutto la propria professionalità, ovvero quello che ha imparato durante il corso degli studi. Il matematico non ha le conoscenze tecniche, ad esempio, dell'ingegnere o dell'economista, cioè non sa costruire macchine o gestire una società finanziaria, però conosce bene la Matematica, ossia lo strumento più raffinato spesso utilizzato dall'ingegnere o dall'economista. Il ruolo naturale del matematico è quello di lavorare in équipe con tecnici di varia provenienza (ingegneri, informatici, geologi, chimici, economisti, statistici,...), occupandosi dei modelli e degli algoritmi utilizzati e studiandone di nuovi. Naturalmente, il matematico deve essere in grado di dialogare con gli altri membri della squadra. Quindi deve conoscere i problemi di cui ci si occupa e soprattutto deve conoscere gli strumenti impiegati. I nostri corsi tengono conto di questo e forniscono insegnamenti appropriati di Fisica, Informatica, Economia e Statistica. Al loro livello più alto, le attitudini consolidate e la professionalità acquisita hanno come sbocco quello della ricerca matematica: idee brillanti, e loro applicazioni inaspettate, hanno cambiato il mondo e altre potranno ulteriormente cambiarlo! Il percorso naturale per chi voglia dedicarsi alla ricerca è quello, terminata la Laurea Magistrale in Matematica, di accedere al Dottorato. Nel nostro Dipartimento è attivo un Dottorato di Ricerca Consortile in Matematica (enti consorziati: Università degli Studi di Pavia, Università degli Studi di Milano-Bicocca e Istituto Nazionale di Alta Matematica "Francesco Severi").

## Quale professione?

In questi anni è continuamente cresciuta la richiesta di Laureati in Matematica per attività di tipo applicativo, che costituiscono quindi un'effettiva prospettiva di lavoro anche per chi termina gli studi con il conseguimento della Laurea in Matematica (L-35) e non prosegue con la Laurea Magistrale (LM-40). I laureati in Matematica avranno un profilo professionale atto a svolgere attività lavorative nel campo della diffusione della cultura scientifica, nonché del supporto modellistico-matematico e computazionale ad attività dell'industria, della finanza e dei servizi, e della pubblica amministrazione. In tal senso gli sbocchi professionali previsti sono quelli corrispondenti ai codici ISTAT che definiscono le professioni di matematico, statistico e professioni correlate (Codici ISTAT 21131 e 21132). Le competenze dei Laureati in Matematica possono quindi trovare impiego in uffici, studi di società pubbliche o private e, in generale, in tutte le aziende per la cui attività sia rilevante la modellizzazione di fenomeni fisici, naturali, informatici, economico-finanziari, sociali e organizzativi. Inoltre, la particolare formazione metodologica apre al laureato in Matematica la possibilità di intraprendere carriere aziendali in vari ambiti, anche diversi da quello scientifico-tecnologico. In alternativa, il laureato in Matematica (L-35) può approfondire la sua preparazione matematica con la Laurea Magistrale in Matematica (LM-40), ove acquisisce una preparazione orientata sia a intraprendere un percorso di avviamento alla ricerca matematica, pura o applicata, sia all'assunzione di ruoli di elevata responsabilità in progetti di ricerca scientifica avanzata, nella costruzione e nello sviluppo computazionale di modelli matematici di varia natura, in diversi ambiti applicativi scientifici, ambientali, sanitari, industriali, finanziari, nei servizi e nella pubblica amministrazione, nei settori della comunicazione della Matematica e della Scienza.

Le competenze dei Laureati nel corso di Laurea Magistrale in Matematica possono trovare impiego nella pubblica amministrazione o in enti di ricerca, uffici, studi di società pubbliche o private e, in generale, in tutte le aziende per la cui attività sia rilevante la modellizzazione di fenomeni fisici, naturali, informatici, economico-finanziari, sociali e organizzativi.

La rigorosa formazione metodologica offre al laureato nel corso di Laurea Magistrale in Matematica la possibilità di intraprendere carriere aziendali in ambiti anche diversi da quello scientifico-tecnologico.

Il corso prepara dunque in modo specifico alle professioni di matematico, statistico e alle professioni a queste correlate. (Codici ISTAT 21131, 21132).

# Laurea triennale (L-35)

## Schema riassuntivo degli insegnamenti

### Primo anno di corso

| Insegnamento                            | CFU |
|---|-----|
| ALGEBRA I                               | 8   |
| ALGEBRA LINEARE E GEOMETRIA             | 8   |
| ANALISI MATEMATICA I                    | 12  |
| FISICA I                                | 12  |
| GEOMETRIA I                             | 8   |
| LABORATORIO DI MATEMATICA E INFORMATICA | 6   |
| PROVA DI LINGUA STRANIERA               | 3   |

### Secondo anno di corso

| Insegnamento                          | CFU |
|---------------------------------------|-----|
| ALGEBRA II                            | 8   |
| ALGORITMI E PROGRAMMAZIONE            | 6   |
| ANALISI MATEMATICA II                 | 12  |
| CALCOLO NUMERICO                      | 12  |
| GEOMETRIA II                          | 8   |
| SISTEMI DINAMICI E MECCANICA CLASSICA | 12  |
| TEORIA DELLA MISURA                   | 4   |

### Terzo anno di corso

| Insegnamento  | CFU |
|---|-----|
| CALCOLO DELLE PROBABILITÀ   | 12  |
| FISICA II   | 8   |
| TRE INSEGNAMENTI per un totale di 18 CFU tra quelli attivati nella tabella A, di cui<br>2 insegnamenti caratterizzanti nei SSD: MAT/02-MAT/03-MAT/05;<br>1 insegnamento caratterizzante nei SSD: MAT/06-MAT/07-MAT/08 | 18  |
| CORSI A SCELTA per un totale di 18 CFU dalla tabella A o altri corsi offerti nell'Ateneo  | 18  |
| ELABORAZIONE DI TESTI MATEMATICI (ICT)  | 1   |
| PROVA FINALE  | 4   |

### Tabella A

| Insegnamento          | CFU   | SSD    | Tipologia       |
|-----------------------|-------|--------|-----------------|
| ALGEBRA III           | 6 CFU | MAT/02 | caratterizzante |
| ANALISI III           | 6 CFU | MAT/03 | caratterizzante |
| ANALISI COMPLESSA     | 6 CFU | MAT/05 | caratterizzante |
| ANALISI NUMERICA      | 6 CFU | MAT/05 | caratterizzante |
| FISICA MATEMATICA     | 6 CFU | MAT/06 | caratterizzante |
| GEOMETRIA III         | 6 CFU | MAT/07 | caratterizzante |
| STATISTICA MATEMATICA | 6 CFU | MAT/08 | caratterizzante |

# Regolamento didattico

## Premessa

Denominazione del corso: MATEMATICA

Denominazione del corso in inglese: MATHEMATICS

Classe L-35 Classe delle lauree in Scienze matematiche

Dipartimento di riferimento: DIPARTIMENTO DI MATEMATICA E APPLICAZIONI

Durata normale: 3 anni

Crediti: 180

Titolo rilasciato: Laurea in MATEMATICA

Titolo congiunto: No

Modalità didattica: Convenzionale

Il corso è: trasformazione di 517-01 MATEMATICA (cod 32326)

Massimo numero di crediti riconoscibili: 40

Corsi della medesima classe: No

Numero del gruppo di affinità: 1

Sede amministrativa: MILANO (MI)

Sedi didattiche: MILANO (MI)

Indirizzo internet: [www.matapp.unimib.it](http://www.matapp.unimib.it)

## Presentazione

Il Corso di Laurea in Matematica ha una durata normale di tre anni e rilascia, al termine degli studi, la Laurea in Matematica. Per il conseguimento della Laurea in Matematica occorre acquisire almeno 180 crediti formativi universitari (CFU), attraverso il superamento di esami di profitto, della prova per la conoscenza di una lingua straniera, e di una prova finale. Il numero massimo di esami non deve essere, in ogni caso, maggiore di 20. Tale titolo consente l'accesso ad attività formative di livello superiore, tipicamente la Laurea Magistrale.

## Obiettivi formativi specifici e descrizione del percorso formativo

Coerentemente con il quadro degli obiettivi qualificanti della Classe, il Corso di Laurea in Matematica ha 4 obiettivi formativi specifici:

1. insegnare i fondamenti dell'analisi, dell'algebra, della geometria, della probabilità, della fisica matematica, del calcolo numerico;
2. insegnare le basi delle scienze sperimentali e la loro formalizzazione matematica;
3. insegnare come si analizza un problema concreto, a partire dalla costruzione di un modello matematico fino alla sua risoluzione con i metodi tipici dell'analisi e dell'analisi numerica;
4. fornire una conoscenza di base dei principali strumenti informatici, d'uso nelle scienze matematiche.

In termini di risultati di apprendimento, ci si aspetta che al termine degli studi uno studente di matematica:

1. abbia acquisito una buona padronanza del linguaggio e delle tecniche della matematica e, più in generale, del metodo scientifico;
2. sappia applicare il metodo scientifico all'analisi di problemi teorici e pratici;
3. sia in grado di collaborare con gruppi di lavoro in cui sia richiesto un significativo grado di conoscenze tecnico-scientifiche;
4. sappia spiegare con chiarezza ed esporre con concisione i risultati matematici della propria attività;
5. abbia familiarità con i principali strumenti informatici.

Gli insegnamenti impartiti, in particolare nel terzo anno, sono organizzati in modo da consentire agli studenti di proseguire gli studi di carattere matematico nella Laurea Magistrale o nei Master, approfondendo sia contenuti e metodi fondamentali sia contenuti modellistico-applicativi. Le modalità e gli strumenti didattici con cui conseguire e

verificare i risultati attesi da questo percorso formativo comprendono lezioni, laboratori ed esami, secondo il modello in vigore presso tutte le Università europee.

In termini più dettagliati, espressi tramite i cosiddetti Descrittori europei del titolo di studio (DM 16/03/2007, art. 3, comma 7), i risultati di apprendimento attesi e le modalità di conseguimento e verifica degli stessi, sono i seguenti.

### Conoscenza e capacità di comprensione

I laureati in matematica:

- conoscono i fondamenti dell'analisi (calcolo differenziale e integrale in una e più variabili), dell'algebra (algebra lineare, strutture algebriche fondamentali), della geometria (topologia, geometria di curve e superfici), del calcolo delle probabilità, della fisica matematica, del calcolo numerico;
- conoscono e comprendono le applicazioni di base della Matematica alla Fisica e all'Informatica;
- hanno adeguate competenze computazionali e informatiche, inclusi linguaggi di programmazione e software specifici;
- sono in grado di leggere e comprendere testi anche avanzati di Matematica, e di consultare articoli di ricerca.

Le capacità sopra delineate sono conseguite attraverso la frequenza a corsi di lezioni ed esercitazioni e verificate mediante prove d'esame scritte e orali. Sono anche previste attività continuative di tutorato, nonché specifiche attività di laboratorio per sviluppare le conoscenze di calcolo numerico, simbolico e di programmazione.

### Capacità di applicare conoscenze e comprensione

I laureati in Matematica sono in grado di:

- produrre dimostrazioni rigorose di risultati matematici non identici a quelli già conosciuti ma chiaramente correlati a essi;
- risolvere problemi di moderata difficoltà in diversi campi della matematica;
- formalizzare matematicamente problemi di moderata difficoltà formulati nel linguaggio naturale, e di trarre profitto da questa formulazione per chiarirli o risolverli;
- estrarre informazioni qualitative da dati quantitativi;
- utilizzare strumenti informatici e computazionali come supporto ai processi matematici, e per acquisire ulteriori informazioni.

La capacità di applicare le conoscenze acquisite è conseguita durante lo svolgimento delle esercitazioni e dei laboratori, e verificata in tali sedi, richiedendo allo studente di risolvere problemi e questioni concrete, opportunamente graduati nel corso degli studi.

Le conoscenze e capacità sono conseguite e verificate nelle seguenti attività formative:

- TEST DI VALUTAZIONE DELLA PREPARAZIONE INIZIALE
- ALGEBRA I
- ALGEBRA LINEARE E GEOMETRIA
- ANALISI MATEMATICA I
- FISICA I
- GEOMETRIA I
- LABORATORIO DI MATEMATICA E INFORMATICA
- ALGEBRA II
- ALGORITMI E PROGRAMMAZIONE
- ANALISI MATEMATICA II
- CALCOLO NUMERICO
- GEOMETRIA II
- SISTEMI DINAMICI E MECCANICA CLASSICA
- TEORIA DELLA MISURA

- CALCOLO DELLE PROBABILITÀ
- FISICA II
- ELABORAZIONE DI TESTI MATEMATICI (ICT)

### Autonomia di giudizio

I laureati in Matematica:

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

I metodi didattici adottati fin dai primi corsi mirano ad addestrare gli studenti allo sviluppo precoce di abilità logiche e critiche, che permettano il riconoscimento di ragionamenti fallaci, la conquista del rigore dimostrativo e della precisione del linguaggio, e un uso appropriato del metodo assiomatico. Queste capacità sono monitorate costantemente nel corso degli studi, e verificate attraverso seminari, compiti o progetti individuali, atti a valutare il contributo personale dello studente.

### Abilità comunicative

I laureati in Matematica sono in grado di:

- comunicare problemi, idee e soluzioni riguardanti la Matematica, sia proprie sia di altri autori, a un pubblico specializzato o generico, nella propria lingua e in inglese, sia in forma scritta che orale;
- dialogare con esperti di altri settori, riconoscendo la possibilità di formalizzare matematicamente situazioni di interesse applicativo, industriale o finanziario e formulando gli adeguati modelli matematici a supporto di attività in svariati ambiti.

Queste capacità sono verificate in concreto attraverso esposizioni da parte dello studente di temi proposti dai docenti, nonché durante la partecipazione a seminari o stage.

### Capacità di apprendimento

I laureati in Matematica:

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

La verifica di queste capacità (con particolare attenzione all'abilità di integrare nuove conoscenze con quelle precedentemente acquisite, e di valutarle criticamente) risulterà dal bilancio globale delle verifiche precedenti, e culminerà nella valutazione dei risultati raggiunti nella compilazione della tesi relativa alla prova finale.



## **Profili professionali e sbocchi occupazionali**

### **MATEMATICO.**

I profili professionali che si intendono formare sono quelli corrispondenti ai codici ISTAT che definiscono le professioni di matematico, statistico e professioni correlate (Codici ISTAT 2.1.1.3.1).

#### **Funzioni**

I laureati in Matematica avranno un profilo professionale atto a svolgere attività lavorative nel campo della diffusione della cultura scientifica, nonché del supporto modellistico-matematico e computazionale ad attività dell'industria, della finanza e dei servizi, e nella pubblica amministrazione.

#### **Competenze**

La Laurea in Matematica non è immediatamente professionalizzante. Il laureato in Matematica è tuttavia in grado di inserirsi velocemente in diversi contesti lavorativi.

#### **Sbocchi Professionali**

Dei laureati nel 2014, intervistati a 12 mesi dalla laurea, il 90% (contro il 74% dell'ateneo) ha dichiarato di lavorare (di cui il 39% svolge attività lavorativa nel mondo della Ricerca e dell'Insegnamento) e il 20% (contro il 16% dell'ateneo) di studiare e/o svolgere un tirocinio. Il 7,5% dichiara di essere soddisfatto, contro il 7,2% dell'ateneo. Riguardo alla soddisfazione degli studenti in ambito lavorativo successivo alla laurea, si osserva che dei laureati intervistati nel 2014 da AlmaLaurea, il 15% (contro il 39% di Ateneo) dichiara di utilizzare nel lavoro in misura elevata le competenze acquisite con la laurea.

#### **Norme relative all'accesso**

Sono richieste le conoscenze generalmente impartite nella scuola media superiore, con particolare riferimento all'algebra e alla geometria elementari. Si consiglia di consultare anche il Syllabus predisposto dall'Unione Matematica Italiana.

#### **Modalità di ammissione**

Da un punto di vista curricolare, sono richieste le conoscenze generalmente impartite nella scuola media superiore, con particolare riferimento all'algebra e alla geometria elementari. È d'altronde auspicabile che coloro che intendano iscriversi al corso di Laurea in Matematica abbiano una certa attitudine al ragionamento scientifico, un interesse intellettuale per discipline che presuppongano atteggiamenti critici, e un gusto per l'astrazione non disgiunto da quello della modellizzazione rivolta alla soluzione di problemi concreti. Per potersi immatricolare, gli studenti devono sostenere una prova di ingresso per la verifica delle conoscenze scientifiche di base, che consiste in domande a risposta multipla di carattere logico-matematico e fisico e sarà effettuata nelle date che saranno pubblicate nella pagina web [www.scienze.unimib.it](http://www.scienze.unimib.it) a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti. Tale prova è finalizzata a favorire l'inserimento nel percorso didattico e permetterà di organizzare specifiche attività di supporto da offrire alle matricole per le quali si evidenziassero eventuali carenze. L'iscrizione al Corso di Laurea in Matematica è consentita ma sconsigliata a coloro le cui carenze persistano anche dopo lo svolgimento di queste attività. Le attività di supporto agli studenti per i quali siano state accertate carenze di conoscenza in matematica di base saranno costituite da un corso intensivo di richiamo in matematica a frequenza obbligatoria. A chi non superi la prova di valutazione nella sezione matematica di base e nemmeno l'esame del corso di "Richiami di Matematica" sarà fatto obbligo di superare l'esame di "Analisi Matematica I" previsto al primo anno del presente Regolamento, per poter sostenere gli esami degli anni successivi. A chi non superi la prova di valutazione nella sezione "Fisica" sarà fatto obbligo di superare l'esame di "Fisica I" previsto al primo anno del presente Regolamento per poter sostenere l'esame di "Fisica II" previsto al terzo anno del presente Regolamento. N.B. Per le procedure e i termini di scadenza di Ateneo relativamente alle immatricolazioni/iscrizioni, trasferimenti, presentazione dei Piani di studio si consulti il sito web [www.unimib.it](http://www.unimib.it). Oltre all'iscrizione annuale (tempo pieno), lo studente potrà effettuare una iscrizione a crediti (CFU) optando

per un impegno a tempo parziale, con le modalità definite nell'art. 9 del Regolamento degli studenti disponibile alla pagina <http://www.unimib.it/go/45702/Home/Italiano/Ateneo/Regolamenti/Regolamento-degli-Studenti>.

## **Organizzazione del Corso di Laurea**

L'acquisizione delle competenze da parte degli studenti durante il corso di studi viene valutata in crediti formativi universitari (CFU). I crediti formativi corrispondono alle attività di apprendimento dello studente, comprensive delle attività formative attuate dal Corso di Laurea e dell'impegno riservato allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale. Un CFU corrisponde a 25 ore di lavoro complessivo, distribuite tra ore di lezione frontale, esercitazioni e attività di laboratorio, studio individuale, ed eventuali attività di stage.

Per i corsi valgono le seguenti corrispondenze:

1 CFU di attività didattica frontale: 8 ore

1 CFU di esercitazione in aula: 12 ore

1 CFU di laboratorio: 12 ore.

Le attività formative sono suddivise in attività formative di base, attività formative caratterizzanti, attività affini o integrative.

### Attività formative di base

Le attività formative di base forniscono un'approfondita conoscenza degli aspetti generali dell'Algebra, dell'Analisi, del Calcolo numerico, della Fisica matematica, della Geometria, della Probabilità nonché dei principali strumenti informatici usati nella matematica.

### Attività formative caratterizzanti

Queste attività forniscono competenze specifiche teoriche avanzate dell'Algebra, dell'Analisi, Calcolo delle probabilità, del Calcolo numerico, della Fisica matematica, della Geometria, della Probabilità.

### Attività affini o integrative

Le attività affini o integrative hanno l'obiettivo di fornire agli studenti di Matematica una specializzazione superiore nelle aree dell'Analisi matematica, della Fisica avanzata, dell'Informatica.

---

Elenco insegnamenti (in ordine alfabetico) del Corso di Laurea in Matematica e relativi codici:

E3501Q003 – ALGEBRA I

E3501Q010 – ALGEBRA II

E3501Q054 – ALGEBRA III

E3501Q051 – ALGEBRA LINEARE E GEOMETRIA

E3501Q067 – ALGORITMI E PROGRAMMAZIONE

E3501Q057 – ANALISI COMPLESSA

E3501Q001 – ANALISI MATEMATICA I

E3501Q008 – ANALISI MATEMATICA II

E3501Q056 – ANALISI III

E3501Q058 – ANALISI NUMERICA  
E3501Q014 – CALCOLO DELLE PROBABILITA'  
E3501Q064 – CALCOLO NUMERICO  
E3501Q068 – FISICA I  
E3501Q023 – FISICA II  
E3501Q059 – FISICA MATEMATICA  
E3501Q004 – GEOMETRIA I  
E3501Q011 – GEOMETRIA II  
E3501Q055 – GEOMETRIA III  
E3501Q066 – LABORATORIO DI MATEMATICA E INFORMATICA  
E3501Q012 – SISTEMI DINAMICI E MECCANICA CLASSICA  
E3501Q062 – STATISTICA MATEMATICA  
E3501Q053 – TEORIA DELLA MISURA

---

Nel PRIMO ANNO di corso lo studente, deve obbligatoriamente seguire i seguenti insegnamenti:

Codice – Insegnamenti obbligatori (in ordine alfabetico) – CFU – Settore – Ambito

E3501Q003 – ALGEBRA I – 8 CFU – MAT/02 – base

E3501Q051 – ALGEBRA LINEARE E GEOMETRIA – 8 CFU – MAT/03 – base

E3501Q001 – ANALISI MATEMATICA I – 12 CFU – MAT/05 – base

E3501Q068 – FISICA I – 12 CFU – FIS/01 – base

E3501Q004 – GEOMETRIA I – 8 CFU – MAT/03 – base

E3501Q066 – LABORATORIO DI MATEMATICA E INFORMATICA – 6 CFU – INF/01 – base

PROVA DI LINGUA STRANIERA – 3 CFU

per un totale di 57 CFU.

---

Nel SECONDO ANNO di corso, lo studente deve obbligatoriamente seguire i seguenti insegnamenti:

Codice – Insegnamenti obbligatori (in ordine alfabetico) – CFU – Settore – Ambito

E3501Q010 – ALGEBRA II – 8 CFU – MAT/02 – caratterizzante

E3501Q067 – ALGORITMI E PROGRAMMAZIONE – 6 CFU – INF/01 – affine e integrativo

E3501Q008 – ANALISI MATEMATICA II – 12 CFU – MAT/05 – caratterizzante

E3501Q064 – CALCOLO NUMERICO – 12 CFU – MAT/08 – caratterizzante

E3501Q011 – GEOMETRIA II – 8 CFU – MAT/03 – caratterizzante

E3501Q012 – SISTEMI DINAMICI E MECCANICA CLASSICA – 12 CFU – MAT/07 – caratterizzante

E3501Q053 – TEORIA DELLA MISURA – 4 CFU – MAT/05 – affine e integrativo

per un totale di 62 CFU.

---

Nel TERZO ANNO di corso, lo studente deve obbligatoriamente seguire i seguenti insegnamenti:

Codice – Insegnamenti obbligatori (in ordine alfabetico) – CFU – Settore – Ambito

E3501Q014 – CALCOLO DELLE PROBABILITA' – 12 CFU – MAT/06 – caratterizzante

E3501Q023 – FISICA II – 8 CFU – FIS/01 – affine e integrativo

3 INSEGNAMENTI per un totale di 18 CFU tra quelli attivati nella tabella A, di cui

2 insegnamenti caratterizzanti nei SSD: MAT/02-MAT/03-MAT/05;

1 insegnamento caratterizzante nei SSD: MAT/06-MAT/07-MAT/08.

CORSI A SCELTA per un totale di 18 CFU dalla tabella A o altri corsi offerti nell'Ateneo.

ELABORAZIONE DI TESTI MATEMATICI (ICT) – 1 CFU.

PROVA FINALE – 4 CFU.

per un totale di 61 CFU.

---

Tabella A:

Codice – Insegnamenti obbligatori (in ordine alfabetico) a scelta multipla – CFU – Settore – Ambito

E3501Q054 – ALGEBRA III – 6 CFU – MAT/02 – caratterizzante

E3501Q056 – ANALISI III – 6 CFU – MAT/05 – caratterizzante

E3501Q057 – ANALISI COMPLESSA – 6 CFU – MAT/05 – caratterizzante

E3501Q058 – ANALISI NUMERICA – 6 CFU – MAT/08 – caratterizzante

E3501Q059 – FISICA MATEMATICA – 6 CFU – MAT/07 – caratterizzante

E3501Q055 – GEOMETRIA III – 6 CFU – MAT/03 – caratterizzante

E3501Q062 – STATISTICA MATEMATICA – 6 CFU – MAT/06 – caratterizzante

---

### Attività formative a scelta dello studente

Lo studente potrà scegliere i CFU relativi alle attività formative a scelta (corsi a scelta) tra tutti gli insegnamenti attivati nei differenti Corsi di Laurea triennale dell'Ateneo o di altri Atenei. I corsi a scelta sono parte integrante del Piano di studio e devono, quindi, essere sottoposti all'approvazione del Consiglio di Coordinamento Didattico al fine di verificarne la coerenza con il progetto formativo.

### Prova di lingua straniera

Lo studente è tenuto a superare una prova di lingua straniera, cui corrisponde l'acquisizione di 3 CFU. In conformità con la delibera del Senato Accademico del 3 luglio 2006, i crediti previsti per la lingua straniera devono essere acquisiti prima di sostenere gli esami del secondo e del terzo anno. Ai sensi della legge vigente, la lingua straniera può essere scelta dallo studente fra le lingue ufficiali della Comunità Europea. Si consiglia peraltro vivamente la scelta della lingua inglese, che è oggi la lingua di uso comune nelle discipline scientifiche, e la cui conoscenza è considerata generalmente necessaria ai fini degli sbocchi professionali di un laureato in Matematica.

### Tirocini formativi e stage

È previsto che lo studente possa svolgere attività di stage nel periodo di svolgimento della prova finale.

### Forme didattiche

Le attività didattiche sono organizzate in insegnamenti. Gli insegnamenti prevedono, secondo i casi, una o più delle seguenti attività:

- lezioni frontali in aula, eventualmente coadiuvate da strumenti audiovisivi multimediali;
- esercitazioni in aula;
- attività di laboratorio;
- attività individuali assistite;
- tirocini individuali o di gruppo presso strutture esterne.

### Modalità di verifica del profitto

Gli esami di profitto possono essere orali e/o scritti; la valutazione finale può prevedere un colloquio in ossequio al vigente regolamento didattico di ateneo. Gli insegnamenti possono prevedere verifiche intermedie che sono parte integrante dell'esame finale.

### Frequenza

La frequenza non è obbligatoria.

### Piani di studio

Il Piano di studio è l'insieme delle attività formative obbligatorie, delle attività previste come opzionali e delle attività formative scelte autonomamente dallo studente in coerenza con il Regolamento Didattico del Corso di Studio. Allo studente viene automaticamente attribuito un Piano di studio all'atto dell'iscrizione al primo anno, che costituisce il Piano di studio statutario. Successivamente lo studente deve presentare un proprio Piano di studio con l'indicazione delle attività opzionali e di quelle a scelta. Le modalità e le scadenze di presentazione del piano sono definite dall'Ateneo. Il diritto dello studente di sostenere prove di verifica relative a una attività formativa è subordinato alla presenza dell'attività stessa nell'ultimo Piano di studio approvato. I Piani di studio sono approvati secondo le modalità seguenti. I Piani di studio compilati in osservanza delle norme descritte precedentemente saranno automaticamente approvati dalla Commissione Piani di Studio del Consiglio di Coordinamento Didattico. La Commissione potrà prendere in considerazione anche Piani di studio compilati in deroga alle norme precedenti, ma sempre conformi all'Ordinamento del Corso di Laurea, quando siano motivati da esigenze di carattere eccezionale avanzate dallo studente. In questo caso, la Commissione valuterà il Piano di studio presentato e lo sottoporrà all'approvazione del Consiglio di

Coordinamento Didattico, a cui spetterà la decisione di accettare o rifiutare il Piano di studio in deroga. Per quanto non previsto, si rinvia al Regolamento d'Ateneo per gli Studenti.

#### Propedeuticità e sbarramenti

Si fissano le seguenti propedeuticità:

- "Analisi Matematica I" per "Analisi Matematica II"
- "Algebra lineare e Geometria" per gli esami dei settori MAT del secondo anno

Non si fissano ulteriori propedeuticità; tuttavia, per le discipline sviluppate in più esami nell'arco di due o tre anni del Corso di Laurea, le propedeuticità ragionevoli e fortemente consigliate sono dettate dalla sequenzialità degli insegnamenti.

#### Scansione delle attività formative

Le attività formative sono organizzate in semestri in modo da equilibrare la frequenza alle lezioni, esercitazioni, laboratori, nell'arco temporale tra Ottobre e Giugno. Gli esami di profitto sono previsti, di norma, nei periodi di sospensione delle lezioni e sono in numero non inferiore a quanto stabilito dal vigente Regolamento Didattico di Ateneo.

#### Accordi per la mobilità internazionale degli studenti

Il Corso di Laurea in Matematica partecipa al "Programma LLP-Erasmus", strumento rivolto alla cooperazione tra istituzioni di alta formazione dei paesi UE, attraverso la mobilità internazionale degli studenti, del corpo docente e del personale tecnico-amministrativo. Con il "Programma LLP-Erasmus", lo studente può fare un'esperienza di studio all'estero presso uno dei Partners Erasmus dell'Ateneo, per un periodo che può andare da un minimo di 3 mesi ad un anno, durante il quale potrà studiare e dare esami che gli saranno riconosciuti nel piano di studi ai fini della laurea. Il Corso di Laurea in Matematica partecipa anche al "Programma EXCHANGE Extra-UE" che assegna premi di studio agli studenti per lo svolgimento di un periodo di studio all'estero finalizzato alla preparazione della tesi di laurea magistrale, della durata minima di 3 mesi e massima di 6 mesi, presso università o centri di ricerca di eccellenza europei ed extra-europei. Il Prof. Renzo RICCA è il referente per lo svolgimento di periodi di studio all'estero ed esistono delle convenzioni con le Università indicate nell'elenco sottostante, con titolo di studio solo italiano.

#### Ateneo/i in convenzione e periodo della convenzione

- 1) University of Graz (Graz AUSTRIA) 14/07/2014 - 13/07/2020
- 2) Vrije Universitet Bruxelles (Bruxelles BELGIO) 13/12/2013 - 12/12/2020
- 3) Université de Nice Sophia-Antipolis (Nice FRANCIA) 24/01/2014 - 23/01/2021
- 4) UNIVERSITÄT KAISERSLAUTERN (Kaiserslautern GERMANIA) 06/03/2014 - 05/03/2020
- 5) Panepistimio Kritis (Creta GRECIA) 08/08/2014 - 07/08/2021
- 6) Universidade de Lisboa (Lisbona PORTOGALLO) 25/03/2014 - 24/03/2021
- 7) ZAPADOCESKA UNIVERZITA V PLZNI (Plzen REPUBBLICA CECA) 31/10/2013 - 30/10/2020
- 8) Universidad Autonoma de Madrid (Madrid SPAGNA) 17/12/2013 - 16/12/2020

Esistono anche altri programmi di mobilità internazionale e in sedi diverse da quelle qui indicate. Per maggiori e più precise informazioni si possono anche contattare direttamente gli uffici competenti e consultare la seguente pagina web:

### **Prova finale**

La prova finale consiste nella presentazione e discussione orale di una relazione scritta sull'attività svolta dallo studente, sotto la supervisione di un docente tutore. Fa parte integrante della prova finale l'avvenuta acquisizione delle ulteriori abilità informatiche ad essa correlate.

### **Modalità di svolgimento della prova finale**

Sono previste due modalità alternative:

- attività di studio e approfondimento di problematiche matematiche e/o di aspetti applicativi della matematica;
- stage o tirocinio presso società, aziende, centri di ricerca, enti che adoperino competenze modellistiche, o numerico-computazionali o statistiche, o comunque competenze matematiche.

### **Riconoscimento CFU e modalità di trasferimento**

Trasferimento da altro Ateneo.

In caso di trasferimento da altro Ateneo, all'interno della stessa classe o altre classi, lo studente può chiedere il riconoscimento di crediti formativi acquisiti nel precedente Corso di Studio. Il riconoscimento viene effettuato da una apposita commissione, nominata dal Consiglio di Coordinamento Didattico, sulla base della conformità fra i contenuti del corso di provenienza e quelli del corso a cui si vuole accedere. È ammesso il riconoscimento parziale di un insegnamento.

Riconoscimento CFU da attività professionali.

Il numero massimo di crediti formativi universitari riconoscibili per attività professionali certificate individualmente ai sensi della normativa vigente (Nota 1063 del 29/04/2011) è fissato in 12 CFU complessivamente tra corsi di I livello e di II livello (Laurea e Laurea Magistrale).

### **Attività di ricerca a supporto delle attività formative che caratterizzano il profilo del corso di studio**

Le attività formative in cui si articola possono essere collegate alle attività di ricerca sviluppate dai docenti coinvolti, al fine di fornire conoscenze e prospettive che rispondano alle attese degli studenti e del mercato del lavoro. Le indicazioni relative a tali attività di ricerca sono reperibili

sul sito del Dipartimento di Matematica e Applicazioni: <http://www.matapp.unimib.it>

Alcune tematiche di ricerca del Dipartimento:

- MAT/02 Algebra: Gruppi e algebre di Lie. Teoria dei gruppi. Crittografia. Combinatoria.
- MAT/03 Geometria: Geometria algebrica. Geometria complessa. Topologia algebrica. Sistemi dinamici.
- MAT/05 Analisi: Analisi armonica in spazi euclidei, varietà differenziali, strutture discrete. Calcolo funzionale per operatori differenziali su gruppi di Lie. Analisi non lineare ed equazioni differenziali. Sistemi di leggi di conservazione iperbolici. Topologia generale.
- MAT/06 Probabilità: Equazioni differenziali stocastiche. Controllo stocastico. Sistemi di particelle interagenti. Passeggiate aleatorie.
- MAT/07 Fisica Matematica: Geometria dei sistemi integrabili. Fluidodinamica. Meccanica quantistica. Teoria dei campi.
- MAT/08 Analisi numerica: Approssimazione di equazioni differenziali. Algebra lineare numerica. Modellazione geometrica e grafica computazionale. Analisi armonica numerica.
- SECS-S/06 Metodi matematici per l'economia: Ottimizzazione. Problemi di equilibrio. Dinamiche caotiche. Teoria dei giochi. Convessità. Finanza matematica.
- Comunicazione e didattica della matematica.

## **Docenti del corso di studio**

I docenti del corso di studio sono (in ordine alfabetico):

BERTACCHI Daniela – MAT/06  
BRIVIO Sonia – MAT/03  
CARAVENNA Francesco – MAT/06  
CONTI Diego – MAT/03  
DALLA VOLTA Francesca – MAT/02  
DELLA VEDOVA Alberto – MAT/03  
DI BLASIO Bianca – MAT/05  
FELLI Veronica – MAT/05  
FERRARIO Davide Luigi – MAT/03  
GHEZZI Alessio – FIS/01  
GUERRA Graziano – MAT/05  
KUHN Maria Gabriella – MAT/05  
LORENZONI Paolo – MAT/07  
MEDA Stefano – MAT/05  
PAGANONI Marco – FIS/01  
PAOLETTI Roberto – MAT/03  
PREVITALI Andrea – MAT/02  
ORTENZI Giovanni - MAT/07  
ROMANI Lucia – MAT/08  
RUSSO Alessandro – MAT/08  
SARTORI Fabio – INF/01  
SECCHI Simone – MAT/05  
TABARELLI DE FATIS Tommaso – FIS/01  
TOMASIELLO Alessandro – FIS/02  
WEIGEL Thomas Stefan – MAT/02

## **Altre informazioni**

**Coordinatore del Corso:** Prof.ssa Francesca DALLA VOLTA

**Sede del Corso:** Dipartimento di Matematica e Applicazioni Edificio U5, Via Cozzi, 55 - 20125 Milano

**Segreteria Didattica:** St. 2108, II Piano, Edificio U5 Via Cozzi, 55 - 20125 Milano

**Responsabile Segreteria Didattica:** Dott. Antonino GENNARO

**Ricevimento studenti:** il servizio è fruibile previo appuntamento da concordarsi con il Responsabile scrivendo a [segreteria-matematica@unimib.it](mailto:segreteria-matematica@unimib.it)

**Indirizzo internet del corso di laurea:** <http://www.matapp.unimib.it>

Sono possibili variazioni non sostanziali al presente Regolamento Didattico. In particolare, per gli insegnamenti indicati come a scelta, l'attivazione sarà subordinata al numero degli studenti iscritti.



# INSEGNAMENTI

ALGEBRA I  
ALGEBRA II  
ALGEBRA III  
ALGEBRA LINEARE E GEOMETRIA  
ALGORITMI E PROGRAMMAZIONE  
ANALISI COMPLESSA  
ANALISI MATEMATICA I  
ANALISI MATEMATICA II  
ANALISI III  
ANALISI NUMERICA  
CALCOLO DELLE PROBABILITÀ  
CALCOLO NUMERICO  
FISICA I  
FISICA II  
FISICA MATEMATICA  
GEOMETRIA I  
GEOMETRIA II  
GEOMETRIA III  
LABORATORIO DI MATEMATICA E INFORMATICA  
SISTEMI DINAMICI E MECCANICA CLASSICA  
STATISTICA MATEMATICA  
TEORIA DELLA MISURA

## ALGEBRA I (2017/2018)

Docente: Prof. Andrea Previtali

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/02

Anno: I

Semestre: II

Lezioni: 6 cfu

Esercitazioni: 2 cfu

### Introduzione al corso:

Insiemi, relazioni, operazioni; Aritmetica intera e modulare; Elementi di teoria dei gruppi e degli anelli; Algebre polinomiali

### Obiettivi del corso:

Obiettivo del corso è introdurre gli studenti ad alcuni degli oggetti e dei metodi dell'algebra. Si studieranno le proprietà di strutture algebriche fondamentali, con enfasi su gruppi, anelli e campi.

### Conoscenze richieste:

Nozioni standard di matematica generale impartite nella scuola secondaria.

### Programma:

- 1) Insiemi, relazioni, operazioni: assioma della scelta; relazioni d'ordine (Lemma di Zorn); relazioni d'equivalenza; teorema di omomorfismo per gli insiemi; congruenze.
- 2) Aritmetica dell'insieme  $Z$  degli interi relativi. Aritmetica modulare.
- 3) Elementi di teoria dei gruppi: sottogruppi, sottogruppo generato da un sottoinsieme; gruppi ciclici; laterali di un sottogruppo, teorema di Lagrange; congruenze in un gruppo; sottogruppi normali; morfismi di gruppo e gruppi quoziente; teoremi fondamentali sui morfismi; automorfismi; prodotti diretti e semidiretti; gruppo simmetrico e gruppo alterno, gruppi di permutazioni; azioni di gruppo ( $G$ -insiemi): rappresentazione regolare, azioni per coniugio, orbite di un'azione di gruppo (equazione delle orbite, esempi); i teoremi di Sylow.
- 4) Elementi di teoria degli anelli: domini, corpi, campi; morfismi di anello: ideali, anelli quoziente, teoria elementare dei morfismi; teorema cinese dei resti; divisibilità in un dominio; immersione di un dominio in un campo; ideali primi e ideali massimali; domini euclidei, domini a ideali principali; domini a fattorizzazione unica; interi di Gauss.
- 5) Algebre polinomiali: polinomi in una variabile su un campo: decomposizione di un polinomio in fattori irriducibili, radici di un polinomio. Test di irriducibilità. Costruzione di campi mediante polinomi irriducibili.

### Testi:

S. Bosch, Algebra, Springer, 2003

L. Childs, A concrete introduction to higher algebra, Springer, 2009

N. Jacobson, Basic Algebra I, Freeman & Co, 1985.

### Modalità d'esame:

Esame scritto e orale

### Note:

Sul sito web: [www.matapp.unimib.it](http://www.matapp.unimib.it) è possibile trovare le informazioni sul c.v. del docente, il numero di telefono dello studio, la sede universitaria o di lavoro, l'orario di ricevimento studenti e l'indirizzo e-mail.

## **ALGEBRA II (2017/2018)**

Docente: Prof. Thomas S. Weigel

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/02

Anno: II

Semestre: I

Lezioni: 6 cfu

Esercitazioni: 2 cfu

### **Introduzione al corso:**

Anelli, estensioni di campi, moduli.

### **Obiettivi del corso:**

Sulla base delle conoscenze sviluppate nel corso di Algebra I, il corso approfondirà alcuni argomenti di teoria degli anelli e di teoria dei campi, e illustrerà la teoria dei moduli finitamente generati su domini a ideali principali, con applicazioni ai gruppi abeliani e all'algebra lineare.

### **Conoscenze richieste:**

Algebra Lineare e Algebra I

### **Programma:**

Anelli di polinomi. Polinomi in più variabili. Anelli noetheriani. Teorema della base di Hilbert. Localizzazione e anelli locali.

Estensioni di campi: Estensioni algebriche e trascendenti. Campo di spezzamento di un polinomio. Campi finiti.

Moduli su un anello e algebra lineare. Moduli liberi: basi, rango, proprietà universale. Torsione. Moduli su domini a ideali principali: moduli e matrici. Teorema di struttura per i moduli finitamente generati. Moduli di torsione e decomposizione primaria. Il teorema di Jordan.

### **Testi:**

S. Bosch, Algebra, Springer-Verlag, 2003.

B. Hartley & T. Hawkes. Rings, modules and linear algebra, Chapman & Hall 1970

N. Jacobson, Basic Algebra I, Freeman & Co, 1985.

### **Modalità d'esame:**

Esame scritto e orale

**Note:** Sul sito web: [www.matapp.unimib.it](http://www.matapp.unimib.it) è possibile trovare le informazioni sul c.v. del docente, il numero di telefono dello studio, la sede universitaria o di lavoro, l'orario di ricevimento studenti e l'indirizzo e-mail.

## **ALGEBRA III (2017/2018)**

Docente: Prof. Thomas S. Weigel

Cfu: 6

Settore disciplinare: MAT/02

Anno: III

Semestre: I

Lezioni: 6 cfu

### **Introduzione al corso:**

La chiusura algebrica di un campo, la teoria di Galois, costruzione con riga e compasso.

### **Obiettivi del corso:**

Lo scopo principale del corso è dimostrare il teorema fondamentale della teoria di Galois. Questo teorema dà una risposta negativa a diversi problemi classici, e.g., la trisezione di un angolo generico non è necessariamente costruibile con riga e compasso.

### **Conoscenze richieste:**

Algebra I e Algebra II

### **Programma:**

Estensioni normali e separabili, estensioni di Galois, il gruppo di Galois, il teorema fondamentale di Galois. Estensioni ciclotomiche. Costruzioni con riga e compasso.

### **Testi:**

S. Bosch: Algebra, Springer-Verlag, 2003.

### **Modalità d'esame:**

Esame scritto e orale

### **Note:**

Sul sito web: [www.matapp.unimib.it](http://www.matapp.unimib.it) è possibile trovare le informazioni sul c.v. del docente, il numero di telefono dello studio, la sede universitaria o di lavoro, l'orario di ricevimento studenti e l'indirizzo e-mail.

## ALGEBRA LINEARE E GEOMETRIA (2017/2018)

Docenti: Prof.ssa Sonia Brivio, Prof. Diego Conti, Prof.ssa Francesca Dalla Volta

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/03

Anno: I

Semestre: I

Lezioni: 6 cfu

Esercitazioni: 2 cfu

### Introduzione al corso:

- Contenuti: Spazi vettoriali; applicazioni lineari e sistemi di equazioni lineari.
- Geometria Affine: sottospazi affini e loro rappresentazioni cartesiane e parametriche.
- Matrici e determinanti. Autovalori, autovettori e diagonalizzazione di endomorfismi
- Prodotti scalari. Teorema spettrale. Teorema di Sylvester

### Conoscenze richieste:

Una buona conoscenza della matematica della scuola superiore.

### Programma:

- Calcolo matriciale.
- Sistemi di equazioni lineari.
- Sottospazi affini di  $\mathbb{R}^n$  e loro rappresentazioni cartesiane e parametriche. Distanza e perpendicolarità in  $\mathbb{R}^n$ .
- Spazi vettoriali.
- Applicazioni lineari e matrice associata.
- Determinante.
- Autovalori, autovettori, polinomio caratteristico, diagonalizzabilità, Teorema di Hamilton-Cayley
- Prodotti scalari e hermitiani; teorema di Sylvester.
- Operatori autoaggiunti, ortogonali, unitari.
- Teorema spettrale.

### Testi:

S. Lang, Algebra Lineare, Boringhieri, III edizione..

Ulteriori testi consigliati:

M. Abate, Geometria, McGraw Hill, 2002.

F. Dalla Volta, M. Rigoli, Elementi di Matematica discreta e di Algebra lineare, Pearson Education, 2007.

### Modalità d'esame:

Esame scritto e orale

## **ALGORITMI E PROGRAMMAZIONE (2017/2018)**

Docente: Prof. Fabio Sartori

Cfu: 6

Settore disciplinare: INF/01

Anno: II

Semestre: II

Lezioni: 4 cfu

Esercitazioni: 1 cfu

Laboratorio: 1 cfu

### **Introduzione al corso:**

Il corso si prefigge l'obiettivo di insegnare la programmazione ad oggetti e cenni di progettazione del software e di programmazione in MATLAB. Alla fine del corso lo studente dovrà essere in grado di modellare un problema secondo il paradigma a oggetti e di tradurlo in un programma scritto in un linguaggio object-oriented. Il linguaggio di riferimento è Java.

### **Obiettivi del corso:**

Scopo di questo insegnamento è rendere lo studente in grado di progettare un sistema software a oggetti, integrando diversi tipi di strategie di problem solving.

### **Conoscenze richieste:**

Programmazione strutturata (corso di Laboratorio di Matematica e Informatica)

### **Programma:**

- Introduzione ai concetti fondamentali del paradigma a oggetti (incapsulamento, ereditarietà, polimorfismo) e al linguaggio UML (Unified Modeling Language).
- Cenni al ciclo di vita del software.
- Java come linguaggio e come piattaforma.
- Il paradigma a oggetti base nel contesto Java: classi e oggetti, attributi e metodi.
- Il paradigma a oggetti avanzato nel contesto Java: ereditarietà e polimorfismo.
- Cenni ai principali package.
- Cenni alla programmazione in MATLAB e interazione Java-MATLAB.

### **Testi:**

Programmazione con Java, 2nd Edizione, Walter Savitch, Addison Wesley Pearson, 2012

### **Modalità d'esame:**

Esame scritto e orale

## **ANALISI COMPLESSA (2017/2018)**

Docente: Prof. Stefano Meda  
Cfu: 6  
Settore disciplinare: MAT/05  
Anno: III  
Semestre: II  
Lezioni: 6 cfu

### **Introduzione al corso:**

Corso introduttivo all'analisi complessa in una variabile.

### **Obiettivi del corso:**

Il corso ha lo scopo di mettere gli studenti in grado di utilizzare con profitto i potenti metodi dell'analisi complessa in applicazioni teoriche e pratiche.

### **Conoscenze richieste:**

Analisi I e Analisi II

### **Programma:**

This is a basic course in one complex variable. It includes holomorphic functions, power series, Cauchy's theorem and applications, isolated singularities, zeroes of entire functions and applications.

### **Testi:**

E.M. Stein e R. Shakarchi, "Complex analysis", Princeton University Press, 2003.

### **Modalità d'esame:**

Esame scritto

## **ANALISI MATEMATICA I (2017/2018)**

Docenti: Prof.ssa Veronica Felli, Prof. Graziano Guerra, Prof. Simone Secchi

Cfu: 12

Settore disciplinare: MAT/05

Anno: I

Semestre: I

Lezioni: 8 cfu

Esercitazioni: 4 cfu

### **Introduzione al corso:**

Numeri reali e complessi. Funzioni reali di variabile reale: limiti, continuità, calcolo differenziale, calcolo integrale. Successioni e serie numeriche.

### **Obiettivi del corso:**

L'insegnamento si prefigge come obiettivi l'introduzione dei concetti di base dell'Analisi Matematica moderna per funzioni di una variabile reale e lo sviluppo rigoroso della relativa teoria. Lo scopo del corso è quello di condurre lo studente all'acquisizione e alla padronanza dei contenuti, alla capacità di elaborarne i concetti fondamentali in maniera critica, di risolvere problemi e di applicare i metodi appresi a contesti diversi.

### **Conoscenze richieste:**

Algebra, geometria e trigonometria elementari.

### **Programma:**

- Campi numerici ordinati, estremo superiore.
- Numeri razionali, numeri reali. Numeri complessi.
- Insiemi e applicazioni tra insiemi. Insiemi infiniti e loro cardinalità: insiemi numerabili, potenza del continuo.
- Sottoinsiemi di  $\mathbb{R}$ : insiemi aperti e insiemi chiusi. Punti di accumulazione. Sottoinsiemi connessi.
- Successioni di numeri reali e complessi. Limiti delle successioni. Sottosuccessioni. Completezza. Calcolo dei limiti di successioni. Forme di indecisione e limiti notevoli. Cenni alla classe limite. Insiemi chiusi e limitati e successioni.
- Serie numeriche. Convergenza e convergenza assoluta, criterio di Cauchy. Serie a termini positivi, criteri di convergenza. Criterio di Leibniz. Operazioni aritmetiche per le serie. Convergenza incondizionata.
- Limiti per funzioni reali di una variabile reale. Proprietà dei limiti. Relazione con i limiti successionali. Limiti di funzioni reali e calcolo dei limiti. Funzioni continue e loro proprietà. Teoremi di Weierstrass e di Darboux.
- Derivata di funzione reale. Derivata delle funzioni elementari e regole di derivazione. I teoremi fondamentali del calcolo differenziale (Rolle, Lagrange, De l'Hospital. Ecc.) Derivate di ordine superiore. Formula di Taylor. Massimi e minimi. Convessità, punti di flesso. Funzioni primitive.
- Integrale di Riemann in un intervallo e sua interpretazione geometrica. Proprietà dell'integrale di Riemann. Criteri di integrabilità. Integrale definito. Funzione integrale e teorema fondamentale del calcolo. Integrali impropri.

### **Testi:**

E. Giusti. Analisi Matematica I. Bollati Boringhieri.

### **Modalità d'esame:**

Esame scritto e orale



## **ANALISI MATEMATICA II (2017/2018)**

Docente: Prof.ssa Maria Gabriella Kuhn

Cfu: 12

Settore disciplinare: MAT/05

Anno: II

Semestre: I

Lezioni: 8 cfu

Esercitazioni: 4 cfu

### **Introduzione al corso:**

Calcolo differenziale in più variabili.

### **Obiettivi del corso:**

Corso base sul calcolo differenziale in più variabili, equazioni differenziali ordinarie, rudimenti di calcolo integrale in più variabili.

### **Conoscenze richieste:**

Analisi I, Algebra lineare e Geometria I

### **Programma:**

Spazi metrici e spazi normati: esempi. Successioni e serie di funzioni. Calcolo differenziale per funzioni di più variabili: derivate direzionali, differenziale, matrice Hessiana, estremi liberi. Integrali multipli secondo Riemann e relative formule di riduzione: teorema di Fubini. Formula di cambiamento di variabili: coordinate polari, sferiche e cilindriche. Equazioni differenziali ordinarie: teoremi di esistenza, unicità e dipendenza continua dai dati. Funzioni definite implicitamente; massimi e minimi vincolati.

### **Testi:**

Da definire

### **Modalità d'esame:**

Esame scritto e orale

## ANALISI III (2017/2018)

Docente: Prof.sa Bianca Di Blasio

Cfu: 6

Settore disciplinare: MAT/05

Anno: III

Semestre: I

Lezioni: 6 cfu

### Introduzione al corso:

Il corso presenta un'introduzione all'analisi moderna, fornendo gli strumenti base che serviranno nei successivi corsi di analisi matematica.

### Conoscenze richieste:

Le conoscenze del primo biennio.

### Programma:

Disuguaglianze di Cauchy- Schwarz, Young, Hölder e Minkowski in  $\mathbb{R}^n$

Equivalenza delle norme in  $\mathbb{R}^n$

Definizione di  $L^p(E)$  con  $E \subseteq \mathbb{R}^n$  e  $1 \leq p \leq \infty$  e completezza

Prodotti scalari e definizione degli spazi di Hilbert

Punti di minima distanza da un convesso, proiezioni

Teorema di Riesz (il duale di uno spazio di Hilbert)

Sottoinsiemi ortogonali e disuguaglianza di Bessel

Ortogonalizzazione di Gram-Schmidt

Dimensione di uno spazio di Hilbert; identità di Parseval

Separabilità di  $L^2$  per una misura regolare e finita

Completezza del sistema trigonometrico

La trasformata di Fourier è un'isometria fra  $L^2(T)$  e  $l^2(Z)$

Il duale di  $L^p$

Condizioni sufficienti di convergenza puntuale delle serie di Fourier (Giusti, "Analisi 2", p. 53-66)

Teorema di Baire

Principio di limitatezza uniforme per gli spazi normati

Teorema di Banach-Steinhaus

Non convergenza puntuale delle serie di Fourier in generale

Teoremi dell'applicazione aperta e del grafico chiuso

### Testi:

J.B. Conway "A course in functional analysis" Springer

W. Rudin "Real and complex analysis" Mc Graw Hill

### Modalità didattiche:

Lezioni frontali ed esercitazioni

### Modalità d'esame:

Prova scritta e prova orale.

## ANALISI NUMERICA (2017/2018)

Docente: Prof. Alessandro Russo

Cfu: 6

Settore disciplinare: MAT/08

Anno: III

Semestre: II

Lezioni: 6 cfu

### Introduzione al corso:

Modelli discreti di molle e masse appese; modelli continui dell'elasticità; equazioni di equilibrio; oscillazioni; equazione del calore; approssimazione dell'equazione del calore con il metodo degli elementi finiti in una dimensione; metodi numerici per le equazioni differenziali ordinarie.

### Obiettivi del corso:

Analizzare vari modelli discreti e continui mettendone in luce la struttura matematica comune; sviluppo di metodi numerici per la loro approssimazione

### Conoscenze richieste:

Corsi del primo biennio

### Programma:

#### MODELLI DISCRETI

- molle e masse appese
  - o equazioni di equilibrio
  - o principio di minimo dell'energia
- oscillazioni
- analisi delle oscillazioni con autovettori e autovalori
- frequenze proprie

#### MODELLI CONTINUI

- barra elastica appesa
  - o equazioni di equilibrio
  - o principio di minimo dell'energia
- temperatura
  - o equazione del calore
  - o significato fisico delle condizioni al bordo (Dirichlet, Neumann, Robin)

#### APPROSSIMAZIONE

- equazioni ellittiche
  - o forma differenziale
  - o forma variazionale
- elementi finiti in dimensione uno
- equazioni paraboliche
  - o forma differenziale
  - o forma variazionale
  - o semidiscretizzazione spaziale
- metodi numerici per le equazioni differenziali ordinarie

### Testi:

Strang G., Introduction to Applied Mathematics, Wellesley-Cambridge Press (1986)

### Modalità d'esame:

Esame orale

**Note:** Sul sito web: [www.matapp.unimib.it](http://www.matapp.unimib.it) è possibile trovare le informazioni sul c.v. del docente, il numero di telefono dello studio, la sede universitaria o di lavoro, l'orario di ricevimento studenti e l'indirizzo e-mail.

## **CALCOLO DELLE PROBABILITÀ (2017/2018)**

Docente: Prof. Francesco Caravenna

Cfu: 12

Settore disciplinare: MAT/06

Anno: III

Semestre: I

Lezioni: 10 cfu

Esercitazioni: 2 cfu

### **Introduzione al corso:**

Calcolo delle probabilità con teoria della misura e applicazioni.

### **Obiettivi del corso:**

Fornire gli strumenti e i concetti di base del calcolo delle probabilità, illustrandone alcune applicazioni.

### **Conoscenze richieste:**

I corsi dei primi due anni (in particolare quelli di analisi e algebra lineare).

### **Programma:**

- Spazi di probabilità. Probabilità condizionale e indipendenza.
- Variabili aleatorie, indipendenza, valore medio. Distribuzioni notevoli.
- Esempi rilevanti di modelli probabilistici.
- Convergenza di successioni di variabili aleatorie.
- Teoremi limite: legge dei grandi numeri, teorema limite centrale.
- Introduzione alle Catene di Markov.

### **Testi:**

F. Caravenna, P. Dai Pra, Probabilità. Un'introduzione attraverso modelli e applicazioni, Springer-Verlag Italia, Milano (2013).

D. Williams, Probability with Martingales, Cambridge University Press (1991).

### **Modalità d'esame:**

Prova scritta e prova orale

### **Note:**

Si veda il sito <http://www.matapp.unimib.it/~fcaraven/did.html>

## CALCOLO NUMERICO (2017/2018)

Docente: Prof.ssa Lucia Romani

Cfu: 12

Settore disciplinare: MAT/08

Anno: II

Semestre: I

Lezioni: 8 cfu

Esercitazioni: 4 cfu

### **Introduzione al corso:**

Aritmetica floating point e analisi dell'errore. Condizionamento, stabilità e complessità computazionale. Algebra lineare numerica. Zeri di funzione. Approssimazione di dati e funzioni. Integrazione approssimata.

### **Obiettivi del corso:**

Illustrare i metodi numerici di base per il calcolo scientifico, sviluppando un'adeguata sensibilità e consapevolezza del loro uso.

### **Conoscenze richieste:**

Conoscenze di base dei primi corsi di Matematica, in particolare Algebra lineare e Geometria, Analisi I.

### **Programma:**

- Aritmetica floating point e analisi dell'errore. Condizionamento, stabilità e complessità computazionale.
- Soluzione di sistemi lineari. Metodi diretti (fattorizzazioni PA=LU, QR e di Cholesky) e metodi iterativi stazionari.
- Zeri di funzione. Metodi di iterazione funzionale. Criteri di arresto.
- Autovalori e autovettori di matrici. Metodo delle potenze e varianti.
- Approssimazione di dati e funzioni. Interpolazione polinomiale e con spline. Approssimazione ai minimi quadrati nel discreto.
- Integrazione approssimata. Formule di Newton-Cotes. Formule gaussiane. Formule composte. Metodi adattivi.

### **Testi:**

A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri, Matematica numerica, Springer-Verlag, 2008.

Per consultazione:

R. Bevilacqua, D. Bini, M. Capovani, O. Menchi, Metodi numerici, Zanichelli, 1992.

D. Bini, M. Capovani, O. Menchi, Metodi numerici per l'algebra lineare, Zanichelli, 1988.

### **Modalità d'esame:**

Esame scritto e orale

### **Note:**

Sul sito web: [www.matapp.unimib.it](http://www.matapp.unimib.it) è possibile trovare le informazioni sul c.v. del docente, il numero di telefono dello studio, la sede universitaria o di lavoro, l'orario di ricevimento studenti e l'indirizzo e-mail.

## **FISICA I (2017/2018)**

Docenti: Prof. Marco Paganoni, Prof. Tommaso Tabarelli De Fatis

Cfu: 12

Settore disciplinare: FIS/01

Anno: I

Semestre: I-II

Lezioni: 9 cfu

Esercitazioni: 3 cfu

### **Obiettivi del corso:**

Fornisce le basi della meccanica classica del punto e dei sistemi; introduce i concetti di simmetria, le Leggi di Conservazione e fornisce le basi della termodinamica.

### **Conoscenze richieste:**

Nessuna

### **Programma:**

La Misura; Moto in una dimensione; Vettori; Moto in due e tre dimensioni; le Forze e la leggi di Newton; Dinamica delle particelle; Lavoro ed Energia; Conservazione dell'Energia; Sistemi di particelle; Urti; Cinematica Rotazionale; Dinamica Rotazionale; Momento Angolare; Equilibrio dei corpi rigidi; Oscillazioni; Gravitazione. Onde; Acustica; Temperatura; Teoria cinetica dei gas; il Calore ed il I principio della Termodinamica; l'Entropia ed il II principio della Termodinamica.

### **Testi:**

Mazzoldi / Nigro / Voci: Fisica - Vol. 1, Edises

### **Modalità d'esame :**

Esame scritto

### **Note:**

Per maggiori informazioni si veda la pagina <http://fisica.mib.infn.it/pages/it/chi-siamo/persone/who.php?user=paganoni>

## **FISICA II (2017/2018)**

Docente: Prof. Alessandro Tomasiello

Cfu: 8

Settore disciplinare: FIS/01

Anno: III

Semestre: I

Lezioni: 6 cfu

Esercitazioni: 2 cfu

### **Introduzione al corso:**

Elettrostatica; leggi di Coulomb e di Gauss. Correnti elettriche; legge di Ohm.

Relatività speciale. Magnetostatica: equazione di Biot-Savart, legge di Ampère.

Induzione magnetica; legge di Faraday. Circuiti LRC.

Equazioni di Maxwell. Onde elettromagnetiche. Vettore di Poynting. Notazione relativisticamente covariante per l'elettromagnetismo.

### **Obiettivi del corso:**

Equazioni di Maxwell, Relatività.

### **Conoscenze richieste:**

Fisica I, Analisi I, Analisi II.

### **Programma:**

- Elettrostatica. Legge di Coulomb; campo e potenziale elettrico. Legge di Gauss. Equazione di Poisson e Laplaciano. Energia del campo elettrico. Rotore del campo elettrico. Funzioni armoniche. Conduttori. Condensatori. Calcolo esterno.
- Cariche in moto. Corrente elettrica; legge di Ohm. Circuiti RC.
- Relatività ristretta. Trasformazioni di Lorentz, quadrivettori.
- Magnetostatica. Inevitabilità del campo magnetico; sua divergenza e rotore. Potenziale vettore.
- Induzione magnetica. Circuiti in moto in campo magnetico; legge di Faraday. Induttanza. Energia del campo magnetico. Circuiti LRC. Applicazioni: linee di alta tensione, radio.
- Equazioni di Maxwell. Correnti dipendenti dal tempo. Onde elettromagnetiche. Vettore di Poynting. Notazione relativisticamente covariante per il campo elettromagnetico e per le equazioni di Maxwell. Calcolo esterno e spaziotempo.
- Elementi di ottica. Riflessione e rifrazione. Interferenza, diffrazione. Principio di Huygens.

### **Testi:**

- dispense, disponibili a <https://www.dropbox.com/s/s2kvegmy9t0xc5t/EM.pdf?dl=0>
- D. J. Griffiths, Introduction to electrodynamics. Prentice Hall, 1999
- E. M. Purcell and D. J. Morin, Electricity and magnetism. Cambridge University Press, 2013.

### **Modalità didattica:**

Lezione frontale, esercitazioni.

### **Modalità d'esame :**

Esame scritto e orale.

## **FISICA MATEMATICA (2017/2018)**

Docente: Prof. Giovanni Ortenzi

Cfu: 6

Settore disciplinare: MAT/07

Anno: III

Semestre: II

Lezioni: 6 cfu

### **Introduzione al corso:**

Introduzione alle classiche equazioni alle derivate parziali della fisica matematica e ai modelli fisici da esse rappresentati: equazione di Laplace, equazione del calore, equazione delle onde.

### **Obiettivi del corso:**

Apprendere i metodi principali per lo studio e la soluzione delle equazioni differenziali alle derivate parziali derivanti da modelli della Fisica Matematica.

### **Conoscenze richieste:**

Fondamenti dell'analisi classica (I & II). Elementi della geometria degli spazi euclidei finito dimensionali.

### **Programma:**

0. Introduzione alle equazioni a derivate parziali: equazione di Laplace, equazione del calore, equazione delle onde.
1. Deduzione delle equazioni per alcuni modelli fisicamente significativi.
2. L'equazione del calore sulla retta.
3. L'equazione delle onde sulla retta.
4. Problemi sull'intervallo: condizioni al bordo. Metodo di separazione delle variabili. Proprietà di autovalori e autofunzioni del laplaciano unidimensionale sull'intervallo. Problema di Sturm-Liouville. Funzione di Green.
5. Funzioni armoniche. Teoremi della media e del massimo. Formule di rappresentazione per funzioni armoniche e conseguenze. Problemi al bordo in dimensione superiore per l'equazione di Laplace e di Poisson. Funzioni di Green: generalità e costruzione nel caso del semispazio e della palla.
6. Proprietà variazionali delle soluzioni dei problemi di Dirichlet e Neumann.
- 7 Autovalori e autovettori del Laplaciano.
8. Trasformata di Fourier. Problema di Cauchy per l'equazione del calore nello spazio.
9. L'equazione delle onde nello spazio. Formula di Kirchhoff e metodo della discesa. Principio di Huygens. Problema inomogeneo. Spaziotempo e invarianza di Lorentz dell'equazione delle onde.
- 10 Introduzione alla teoria delle distribuzioni. Derivazione di distribuzioni. Convoluzione di distribuzioni. Trasformata di Fourier di distribuzioni. Soluzioni fondamentali per il Laplaciano, l'operatore del calore e l'operatore delle onde.

### **Testi:**

W. Strauss Partial differential equations, Wiley&Sons

S. Salsa Equazioni a derivate parziali Springer Italia

M. Renardy, R.C. Rogers An introduction to partial differential equations, Springer

### **Modalità didattiche:**

Lezioni frontali; esercitazioni.

### **Modalità d'esame:**

Esame orale

### **Note:**

Sul sito web: [www.matapp.unimib.it](http://www.matapp.unimib.it) è possibile trovare le informazioni sul c.v. del docente, il numero di telefono dello studio, la sede universitaria, l'indirizzo e-mail; il docente riceve su appuntamento.



## **GEOMETRIA I (2017/2018)**

Docente: Prof. Davide Luigi Ferrario

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/03

Anno: I

Semestre: II

Lezioni: 6 cfu

Esercitazioni: 2 cfu

### **Introduzione al corso:**

Il corso fornisce un'introduzione elementare alla geometria e alla topologia. Dalla topologia della retta reale a cenni sulla geometria degli spazi euclidei, affini e proiettivi.

### **Obiettivi del corso:**

Gli obiettivi sono adeguate conoscenze nell'area della geometria e topologia elementare, adeguate competenze nel calcolo e nella formalizzazione di problemi di tipo geometrico e topologico, anche di tipo formale.

### **Conoscenze richieste:**

Continuità e limiti per funzioni reali, algebra lineare e geometria elementare.

### **Programma:**

Spazi metrici e continuità: topologia degli spazi metrici. Chiusura, punti di accumulazione. Spazi topologici. Base di una topologia. Topologia indotta. Funzioni continue e omeomorfismi. Topologia prodotto. Relazioni di equivalenza. Spazi di identificazione e topologie quoziente. Spazi di Hausdorff. Compattezza. Compattezza in spazi metrici ed euclidei. Spazi metrici completi. Spazi connessi e connessi per archi. Esempi di gruppi topologici e di gruppi di trasformazione. Geometria degli spazi affini. Sottospazi affini, formula di Grassmann. Struttura affine di uno spazio vettoriale. Mappe affini. Incidenza e parallelismo. Spazi affini euclidei. Gruppo ortogonale. Gruppi di trasformazioni classici e sottogruppi finiti. Spazi proiettivi. Proiettività e riferimenti proiettivi, coordinate omogenee. Completamento proiettivo di uno spazio affine, punti impropri, carte affini su uno spazio proiettivo.

### **Testi:**

- Sernesi, Geometria, vol. I-II, Bollati-Boringhieri, 1989, 1994.

- M. Nacinovich, Elementi di geometria analitica, Serie di matematica e fisica, Napoli Liguori Editore, 1996.

### **Modalità d'esame:**

Esame scritto e orale.

### **Note:**

Altre informazioni in <http://www.matapp.unimib.it/~ferrario/geol-2017>

## **GEOMETRIA II (2017/2018)**

Docente: Roberto Paoletti

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/03 GEOMETRIA

Anno: II

Semestre: II

Lezioni: 6 cfu

Esercitazioni: 2 cfu

### **Introduzione al corso:**

Algebra multilineare alternante; forme differenziali sullo spazio euclideo e loro operazioni; Lemma di Poincaré; applicazioni alla fisica; integrazione; cambiamento di variabili; grado di una mappa liscia; Teoremi di Gauss-Green e Stokes; teoria di De Rham (brevi cenni).

### **Obiettivi del corso:**

Lo scopo del corso è introdurre la teoria delle forme differenziali e della loro integrazione nel contesto degli spazi euclidei, come premessa della generalizzazione alle varietà differenziali.

### **Conoscenze richieste:**

Il contenuto dei corsi di Geometria I, di Analisi I e (in parte) II, di Algebra Lineare e Geometria

### **Programma:**

Algebra esterna di uno spazio vettoriale e sue operazioni; prodotto esterno e contrazioni; campi vettoriali e forme differenziali; differenziale esterno; forme chiuse e forme esatte; numero di avvolgimento e applicazioni; gradiente, rotore, divergenza; forme differenziali e mappe lisce: tirato-indietro; integrazione; formula del cambiamento di variabili; Lemma di Poincaré; Teoremi di Gauss-Green e Stokes; grado di una mappa liscia tra aperti di uno spazio euclideo e tecniche di calcolo.

### **Testi:**

-M. Do Carmo, Differential forms and applications, Springer Verlag 1996;

-V. Guillemin, A. Pollack, Differential Topology 1974;

-W. Fulton, Differential Topology, a first course, Springer Verlag 1995

### **Modalità d'esame:**

Verifiche su teoria ed esercizi.

### **Note:**

Viene offerta la possibilità di sostenere un parziale all'incirca a metà del corso e un secondo parziale subito dopo il termine del corso; i parziali saranno una combinazione di teoria e pratica. Chi supera entrambi i parziali ha completato l'esame.

## **GEOMETRIA III (2017/2018)**

Docente: Alberto Della Vedova

Cfu: 6

Settore disciplinare: MAT/03

Anno: III

Semestre: I

Lezioni: 6 cfu

### **Introduzione al corso:**

Il corso offre una introduzione alla teoria delle varietà differenziabili.

### **Conoscenze richieste:**

Topologia generale. Algebra lineare. Calcolo differenziale e integrale per funzioni di più variabili. Equazioni differenziali ordinarie.

### **Programma:**

Varietà differenziabili astratte: carte, atlanti, spazio tangente, fibrato tangente, calcolo differenziale sulle varietà.

Immersioni, sommersioni, sottovarietà.

Campi di vettori, flussi, parentesi di Lie.

Forme differenziali, teorema di Stokes.

Coomologia di de Rham.

### **Testi:**

Boothby, An Introduction to Differentialbe Manifolds and Riemannian Geometry, Academic Press;

Warner: Foundations of Differentiable Manifolds and Lie Groups, Springer Verlag.

### **Modalità d'esame:**

Esame scritto e orale.

## LABORATORIO DI MATEMATICA E INFORMATICA (2017/2018)

Docente: Prof. Fabio Sartori

Cfu: 6

Settore disciplinare: INF/01

Anno: I

Semestre: II

Lezioni: 4 cfu

Laboratorio blended: 2 cfu

### **Introduzione al corso:**

Architettura di Von Neumann. Componenti e funzionalità di un sistema operativo. Cenni alle reti di calcolatori. Linguaggi di Programmazione. Programmazione strutturata in Java.

### **Obiettivi del corso:**

Scopo di questo insegnamento è introdurre le nozioni base inerenti le architetture dei sistemi informatici e di rendere lo studente in grado di identificare algoritmi risolutivi a semplici problemi e di codificarli in linguaggio di programmazione Java

### **Conoscenze richieste:**

Nessuna

### **Programma:**

Architettura dei sistemi informatici

- Cenni di architettura dei calcolatori e codifica dell'informazione
- Cenni di sistemi operativi
- Cenni di reti di telecomunicazioni

Programmazione strutturata in Java

- Gerarchia dei linguaggi di programmazione, compilatori e interpreti
- La Java Virtual Machine
- Algoritmi e programmi
- Tipi di dati primitivi.
- Strutture di controllo selettive e iterative
- Array di tipi primitivi
- Metodi, definizione ed invocazione
- Ricorsione

### **Testi:**

“Programmazione con Java”, 2<sup>a</sup> Edizione, Walter Savitch, Addison Wesley Pearson, 2012

### **Modalità d'esame:**

Esame scritto e orale

### **Note:**

Tutte le informazioni sul corso verranno fornite tramite la piattaforma elearning di ateneo all'indirizzo [elearning.unimib.it](http://elearning.unimib.it)

## **SISTEMI DINAMICI E MECCANICA CLASSICA (2017/2018)**

Docente: Prof. Paolo Lorenzoni

Cfu: 12

Settore disciplinare: MAT/07 Fisica Matematica

Anno: II

Semestre: II

Lezioni: 8 cfu

Esercitazioni: 4 cfu

### **Introduzione al corso:**

Richiami di meccanica newtoniana.

Equazioni differenziali e loro studio qualitativo.

Il principio di D'Alembert e la meccanica di Lagrange.

La meccanica Hamiltoniana.

### **Obiettivi del corso:**

Presentare sia le idee fondamentali della Meccanica Classica, dalla formulazione di Galileo e Newton a quella di Lagrange, Hamilton e Jacobi, che le tecniche matematiche necessarie alla loro comprensione.

### **Conoscenze richieste:**

Analisi I, Algebra Lineare e Geometria, Fisica I.

### **Programma:**

- 1) I sistemi dinamici come modellizzazione dei fenomeni fisici. Cenni della teoria delle equazioni differenziali. Punti di equilibrio e loro stabilità. Linearizzazione nei punti di equilibrio.
- 2) Sistemi di riferimento e relatività galileiana. I principi di Newton e la meccanica dei corpi puntiformi. Moti centrali e problema di Keplero.
- 3) Vincoli, gradi di libertà e coordinate libere. Il principio di D'Alembert e la meccanica di Lagrange. Il principio di minima azione.
- 4) Punti di equilibrio e piccole oscillazioni.
- 5) Simmetrie e leggi di conservazione: il teorema di Noether.
- 6) Corpi rigidi. L'operatore di inerzia. Equazioni cardinali. Casi notevoli: equazioni di Eulero e trottola di Lagrange.
- 7) La meccanica di Hamilton. Equazioni di Hamilton, Parentesi di Poisson, trasformazioni canoniche ed equazione di Hamilton-Jacobi.

### **Testi:**

L.D. Landau. E. M. Lifshits, Corso di Fisica Teorica, vol. I, "Meccanica".

V.I Arnold, "Metodi matematici della Meccanica Classica".

### **Modalità d'esame:**

Esame scritto e orale

## STATISTICA MATEMATICA (2017/2018)

Docente: Prof. Daniela Bertacchi

Cfu: 6

Settore disciplinare: MAT/06

Anno: III

Semestre: II

Lezioni: 6 cfu

### Introduzione al corso:

Modelli statistici. Statistica inferenziale: stimatori, intervalli di confidenza, test d'ipotesi.

### Conoscenze richieste:

Leggi di variabili aleatorie discrete e continue. Modello Bernoulliano, Poissoniano, esponenziale, Gamma, normale. Valore atteso e varianza. Legge di funzioni di variabili aleatorie. Indipendenza.

### Programma:

- Introduzione alla statistica
- Popolazione obiettivo, campione casuale. Problema del campionamento. Statistica. Densità dipendenti da parametri incogniti.
- Stime puntuali di parametri
- Stimatore, stimatore non distorto, errore quadratico medio, consistenza in media quadratica, condizione necessaria e sufficiente per la consistenza in media quadratica di una successione di stimatori.
- Stimatori per i momenti di una VA: momenti campionari. Media campionaria.
- Stimatore non distorto della varianza: varianza campionaria.
- Metodo dei momenti per la costruzione di stimatori.
- Funzione di verosimiglianza. Stimatore di massima verosimiglianza.
- Limite inferiore della varianza di stimatori non distorti (disuguaglianza di Cramér-Rao).
- Proprietà di invarianza degli stimatori di massima verosimiglianza. Proprietà asintotiche degli stimatori di massima verosimiglianza.
- Campionamento da v.a. Normali: legge della media campionaria. Legge del quadrato di una Normale (0,1): legge chi quadro a 1 grado di libertà. Legge della somma dei quadrati di normali standard indipendenti: legge chi quadro a k gradi di libertà. Legge della varianza campionaria di un campione normale. Legge t di Student.
- Stime intervallari
- Intervalli di confidenza: definizione, livello di confidenza.
- Intervalli per la media di popolazione normale (varianza nota o incognita).
- Intervalli per la varianza di popolazione normale (media nota o incognita).
- Quantità pivotale e suo utilizzo per il calcolo di intervalli di confidenza.
- Intervalli di confidenza per grandi campioni (in particolare per frequenze ovvero parametri di Bernoulli).
- Quantità pivotale per campioni provenienti da legge assolutamente continua.
- Test d'ipotesi
- Test per un'ipotesi statistica; test non casualizzato e regione critica. Livello di significatività, p-value. Test uniformemente più potente di livello fissato.
- Test per una media di popolazione normale (varianza nota oppure ignota).
- Test per la varianza di una popolazione normale (media nota o ignota).
- Test per differenza di medie per popolazioni normali.
- Test su una frequenza e su due frequenze (campione numeroso).
- Test del rapporto di verosimiglianza semplice e generalizzato. Teorema di Neyman-Pearson.
- Test chi quadrato di Pearson per l'adattamento (con o senza parametri stimati).
- Test chi quadrato di Pearson per l'indipendenza.
- Regressione lineare
- Cenni al modello lineare.

**Testi:**

Introduzione alla statistica di A.M.Mood, F.A.Graybill, D.C.Boes, 1991, McGraw-Hill Italia, ISBN: 9788838606618

**Modalità d'esame:**

Esame scritto

**Note:**

Modalità didattiche: lezioni ed esercitazioni.

Sul sito web: [www.matapp.unimib.it](http://www.matapp.unimib.it) è possibile trovare le informazioni sul c.v. del docente, il numero di telefono dello studio, la sede universitaria o di lavoro, l'orario di ricevimento studenti e l'indirizzo e-mail. Sul sito [elearning.unimib.it](http://elearning.unimib.it) poco prima dell'inizio del corso verrà inserite slide del corso e informazioni varie.

## TEORIA DELLA MISURA (2017/2018)

Docente: Prof. Luigi Fontana

Cfu: 4

Settore disciplinare: MAT/05

Anno: II

Semestre: II

Lezioni: 3 cfu

Esercitazioni: 1 cfu

### Introduzione al corso:

Il corso fornisce gli elementi di base della moderna teoria della misura e dell'integrazione. Il focus sarà sulla misura e sull'integrale di Lebesgue con possibili altri esempi e generalizzazioni se il tempo lo permetterà.

### Conoscenze richieste:

I contenuti dei corsi di Analisi Matematica I e II.

### Programma:

- Motivazione: Integrale di Riemann e successioni di funzioni.
- $\sigma$ -algebre e misure
- Funzioni misurabili e funzioni semplici
- Teoria astratta dell'integrazione:
  1. Integrale delle funzioni semplici misurabili
  2. Integrale delle funzioni misurabili non-negative
  3. Funzioni integrabili e loro integrale
  4. Teoremi di convergenza (monotona, dominata, Lemma di Fatou)
- Misure esterne
- Il Teorema di estensione di Caratheodory
- Misure di Borel e di Lebesgue su  $\mathbf{R}$
- Misure prodotto e il Teorema di Fubini-Tonelli
- La formula di cambio di coordinate

### Testi:

L. Ambrosio, G. Da Prato, A. Mennucci: Introduction to Measure Theory and Integration;

G. Folland: Real Analysis, Modern Techniques and their Applications

W.Rudin: Real and complex Analysis

E. Stein, R. Shakarchi: Real Analysis – Measure theory, Integration and Hilbert Spaces

Possibili appunti del docente

### Modalità d'esame:

Esame scritto



# Laurea Magistrale (LM-40)

## Schema riassuntivo degli insegnamenti\*

### Primo anno di corso

| Insegnamento  | CFU    |
|---|--------|
| <b>Insegnamenti caratterizzanti</b><br>6 corsi nella tabella A di cui:<br>- almeno due corsi di formazione teorica avanzata (MAT/02-MAT/03-MAT/05)<br>- almeno un corso di formazione modellistico applicativa (MAT/06-MAT/07-MAT/08) | 48 CFU |
| <b>Insegnamenti affini e integrativi</b><br>2 corsi nella tabella B (MAT/02-MAT/03-MAT/05-MAT/06-MAT/07-MAT/08-FIS/08-SECS-S/06)  | 16 CFU |

### Secondo anno di corso

| Insegnamento   | CFU    |
|--|--------|
| <b>Attività formative a libera scelta</b><br>2 corsi nelle tabelle A o B o altri corsi dell'Ateneo, o anche mutuati da altri Atenei e per i quali è prevista una specifica convenzione, purché conformi alla struttura e alle finalità del Corso di Laurea | 16 CFU |
| Elaborazione di Testi Matematici (ICT)   | 1 CFU  |
| Prova Finale   | 39 CFU |

### Tabella A – insegnamenti caratterizzanti

| Insegnamento                                     | Ambito                              | CFU |
|--|-------------------------------------|-----|
| ALGEBRA LINEARE NUMERICA                         | Formazione modellistico applicativa | 8   |
| ANALISI ARMONICA                                 | Formazione teorica avanzata         | 8   |
| ANALISI FUNZIONALE                               | Formazione teorica avanzata         | 8   |
| ANALISI REALE ED EQUAZIONI DIFFERENZIALI         | Formazione teorica avanzata         | 8   |
| ANALISI SUPERIORE                                | Formazione teorica avanzata         | 8   |
| APPROSSIMAZIONE DI EQUAZIONI DIFFERENZIALI       | Formazione modellistico applicativa | 8   |
| COMBINATORICA ALGEBRICA                          | Formazione teorica avanzata         | 8   |
| GEOMETRIA COMPLESSA**                            | Formazione teorica avanzata         | 8   |
| GEOMETRIA DIFFERENZIALE                          | Formazione teorica avanzata         | 8   |
| GEOMETRIA E FISICA                               | Formazione modellistico applicativa | 8   |
| GEOMETRIA SIMPLETTICA***                         | Formazione teorica avanzata         | 8   |
| MECCANICA SUPERIORE                              | Formazione modellistico applicativa | 8   |
| METODI DELLA FISICA MATEMATICA                   | Formazione modellistico applicativa | 8   |
| METODI STOCASTICI PER LA FINANZA                 | Formazione modellistico applicativa | 8   |
| MODELLAZIONE GEOMETRICA E GRAFICA COMPUTAZIONALE | Formazione modellistico applicativa | 8   |
| PROCESSI STOCASTICI                              | Formazione modellistico applicativa | 8   |
| TEORIA DEI NUMERI E CRITTOGRAFIA                 | Formazione teorica avanzata         | 8   |
| TEORIA DELLE RAPPRESENTAZIONI                    | Formazione teorica avanzata         | 8   |

**Tabella B – Insegnamenti affini e integrativi**

| Insegnamento  | CFU |
|---|-----|
| ARGOMENTI DI GEOMETRIA E TOPOLOGIA  | 8   |
| CALCOLO DELLE VARIAZIONI  | 8   |
| CALCOLO SCIENTIFICO   | 8   |
| MATEMATICA ELEMENTARE   | 8   |
| METODI MATEMATICI PER LA FISICA MODERNA                                       | 8   |
| METODI MATEMATICI PER L'ANALISI ECONOMICA – CONTROLLO OTTIMO                  | 8   |
| METODI MATEMATICI PER L'ANALISI ECONOMICA – OTTIMIZZAZIONE E ANALISI CONVESSA | 8   |
| PREPARAZIONE DI ESPERIENZE DIDATTICHE   | 8   |
| STORIA DELLA MATEMATICA   | 8   |
| STORIA DELLA MATEMATICA - ELEMENTI  | 4   |
| TEORIA GEOMETRICA DEI GRUPPI  | 8   |

**Tabella C – Insegnamenti a scelta consigliati**

| Insegnamento   | CFU |
|--|-----|
| METODI DEL CALCOLO SCIENTIFICO (CdLM in Informatica) | 6   |

**TABELLA D - INSEGNAMENTI A SCELTA DELLA LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA MATEMATICA DEL POLITECNICO DI MILANO**

| Insegnamento   | CFU |
|--|-----|
| ADVANCED PARTIAL EQUATIONS II                            | 8   |
| ADVANCED PROGRAMMING FOR SCIENTIFIC COMPUTING            | 10  |
| ALGORITHMS AND PARALLEL COMPUTING                        | 10  |
| APPLIED STATISTICS                                       | 10  |
| BAYNESIAN STATISTICS                                     | 10  |
| BIOMATHEMATICAL MODELING                                 | 8   |
| COMPUTATIONAL FINANCE                                    | 10  |
| COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS                             | 10  |
| COMPUTATIONAL MODELING IN ELECTRONICS AND BIOMATHEMATICS | 8   |
| FINANCIAL ENGINEERING                                    | 10  |
| FLUIDS LABS  | 10  |
| GAME THEORY  | 8   |
| MATHEMATICAL AND PHYSICAL MODELING IN ENGINEERING        | 10  |
| MATHEMATICAL FINANCE II                                  | 10  |
| METHODS AND MODELS FOR STATISTICAL MECHANICS             | 8   |
| NUMERICAL ANALYSIS FOR PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS II | 10  |
| OPTIMIZATION   | 10  |
| REAL AND FUNCTIONAL ANALYSIS                             | 8   |
| STOCHASTIC DIFFERENTIAL EQUATION                         | 8   |
| STOCHASTICAL DYNAMICAL MODELS                            | 8   |

**\*Gli insegnamenti saranno tenuti in inglese previo accordo con gli studenti, e comunque nel caso la presenza di studenti stranieri lo rendesse necessario.**

**\*\* Offerto al primo anno**

**\*\*\* Offerto al secondo anno**

## **Regolamento didattico**

### **Premessa**

Denominazione del corso: MATEMATICA

Denominazione del corso in inglese: MATHEMATICS

Classe: LM-40 Classe delle lauree magistrali in Matematica

Dipartimento di riferimento: DIPARTIMENTO DI MATEMATICA E APPLICAZIONI

Durata normale: 2 anni

Crediti: 120

Titolo rilasciato: Laurea Magistrale in MATEMATICA

Titolo congiunto: No

Modalità didattica: Convenzionale

Il corso è: trasformazione di 552-02 MATEMATICA (cod 32327)

Massimo numero di crediti riconoscibili: 12

Corsi della medesima classe: No

Sede amministrativa: MILANO (MI)

Sedi didattiche: MILANO (MI)

Indirizzo internet [www.matapp.unimib.it](http://www.matapp.unimib.it)

### **Presentazione**

Il Corso di Laurea Magistrale intende fornire una formazione qualificata ed avanzata nelle scienze matematiche. Questo permette al laureato di inserirsi con facilità negli ambienti di lavoro scientifici e tecnici più disparati. Il Corso di Laurea Magistrale in Matematica ha durata normale biennale e rilascia, al suo termine, la Laurea Magistrale in Matematica. Questo titolo permette l'accesso ai gradi superiori di istruzione quali i Dottorati di ricerca e i Master di livello avanzato. Il conseguimento della Laurea Magistrale richiede che siano acquisiti 120 crediti formativi (CFU). Di questi, 80 sono acquisiti con esami di profitto e 40 (incluso 1 CFU attribuito all'acquisizione di correlate ulteriori abilità informatiche) sono attribuiti alla prova finale. Quest'ultima consiste nello svolgimento di una tesi elaborata in modo originale dallo studente, sotto la guida di un relatore, su tematiche congruenti con gli obiettivi del Corso di Laurea Magistrale. Il percorso formativo è deciso dallo studente sulla base dei propri interessi e delle proprie inclinazioni con un'ampia libertà di scelta di insegnamenti in un ampio spettro di argomenti. Al lavoro di tesi è attribuita una valenza determinante per il compimento del ciclo di studi. Gli insegnamenti saranno tenuti in inglese previo accordo con gli studenti, e comunque nel caso la presenza di studenti stranieri lo rendesse necessario.

## Obiettivi formativi specifici e descrizione del percorso formativo

Il Corso di Laurea Magistrale in Matematica, ha quattro obiettivi specifici:

1. fornire conoscenze avanzate nei settori fondamentali della Matematica in vista del loro utilizzo in ambiti specialistici di carattere sia teorico che applicativo; tali conoscenze costituiranno una solida piattaforma per l'eventuale inizio di successive attività di ricerca teorica o applicata (e.g. Dottorato, Master di livello avanzato), ovvero per l'insegnamento matematico e la comunicazione scientifica a livello specialistico;
2. fornire metodiche e strumenti avanzati per la modellizzazione e formalizzazione matematica di problemi complessi che nascono nell'ambito delle scienze sperimentali, dell'ingegneria, dell'economia e in altri campi applicativi;
3. fornire metodiche e strumenti avanzati per la soluzione sia numerica che analitica dei modelli precedenti; a tal fine, un ruolo complementare essenziale avranno le attività avanzate di laboratorio;
4. raffinare la competenza nell'uso di strumenti informatici recenti e sofisticati, di interesse per la Matematica.

In termini di risultati di apprendimento, ci si aspetta che al termine degli studi uno studente della Laurea Magistrale in Matematica:

1. abbia acquisito una solida conoscenza del linguaggio, delle tecniche e di un ampio spettro di contenuti della Matematica moderna;
2. sia in grado di applicare le tecniche e i contenuti sopradetti all'analisi di problemi complessi;
3. abbia acquisito la capacità di svolgere in piena autonomia funzioni di elevata responsabilità nell'ambito di:
  - (a) gruppi di lavoro integrati nella ricerca teorica o applicata;
  - (b) dell'insegnamento;
  - (c) della comunicazione scientifica di alta qualificazione;
4. sia in grado, nello svolgimento delle attività precedenti, di utilizzare correttamente, sia in forma scritta, sia in forma orale, una lingua della Comunità Europea;
5. sia in grado di presentare i risultati delle proprie ricerche motivandone contenuti, metodi e strategie a un ampio spettro di interlocutori.

In termini più dettagliati, espressi tramite i cosiddetti Descrittori europei del titolo di studio (DM 16/03/2007, art. 3, comma 7), i risultati di apprendimento attesi e le modalità di conseguimento e verifica degli stessi, sono i seguenti:

### Conoscenza e capacità di comprensione

I laureati avranno acquisito:

1. una conoscenza ampia e adeguata di tematiche matematiche avanzate, estensione e sviluppo di quelle acquisite nel ciclo triennale;
2. una conoscenza adeguata di tecniche di formalizzazione e modellizzazione, anche complesse, tipiche delle applicazioni della Matematica in vari ambiti scientifici e professionali;
3. un livello di comprensione del linguaggio, delle tecniche e dei contenuti di un ampio spettro della Matematica, tale da metterli in grado di elaborare idee originali e iniziare percorsi personali in contesti specifici di ricerca.

Le capacità sopra illustrate saranno conseguite attraverso la frequenza di corsi comprendenti lezioni ed esercitazioni, ove sarà sollecitata la discussione sugli aspetti teorici e pratici degli insegnamenti impartiti. Le verifiche corrispondenti avverranno attraverso prove d'esame scritte e/o orali.

### Capacità di applicare conoscenza e comprensione

I laureati saranno in grado di:

1. elaborare dimostrazioni di risultati significativi e sufficientemente profondi, e riconoscere la loro rilevanza anche in contesti diversi da quello naturale, ma a questo collegabili;
2. applicare tecniche e contenuti di carattere avanzato alla formulazione e risoluzione di problemi complessi in varie aree della Matematica;
3. affrontare problemi nuovi e non familiari in vari contesti applicativi della Matematica, comprendendone la natura e formulandone proposte di soluzione, anche con l'ausilio di avanzati strumenti informatici e computazionali.

La capacità di applicare le conoscenze acquisite sarà stimolata durante i corsi, e verificata richiedendo allo studente un'attiva partecipazione alla risoluzione di problemi e questioni, la cui natura e complessità sarà opportunamente graduata nel corso degli studi. Le conoscenze e capacità sono conseguite e verificate in tutte le attività formative del Corso di Studio, tra quelle scelte dallo studente nel proprio Piano di Studio, valutato da apposita commissione.

### Autonomia di giudizio

I laureati:

1. saranno in grado di produrre, a partire da insiemi di dati anche non perfettamente definiti o parziali, proposte e quadri di riferimento atti a interpretare correttamente e ricercare la soluzione di problematiche complesse, sia nell'ambito della Matematica pura, sia nell'ambito delle sue applicazioni;
2. saranno in grado di formulare autonomamente giudizi pertinenti sull'applicabilità di modelli matematici complessi a situazioni concrete, nonché sulle ricadute della loro implementazione in termini di etica scientifica e impatto sociale;
3. sapranno svolgere in piena autonomia funzioni di elevata responsabilità nell'ambito di gruppi di lavoro impegnati nella ricerca teorica o applicata, ovvero nell'ambito dell'insegnamento e della comunicazione scientifica di alta qualificazione.

I livelli di autonomia raggiunti dagli studenti saranno verificati nel corso degli studi attraverso seminari, sviluppo di progetti, correzione in itinere di elaborati proposti allo studente, e valutando la capacità di orientare con un sufficiente grado di autonomia individuale la propria attività durante la preparazione della tesi per la prova finale.

### Abilità comunicative

I laureati saranno in grado di:

1. illustrare e discutere con rigore ed efficacia il contesto e i risultati del lavoro svolto nel cercare di risolvere problemi sia di ordine teorico sia di tipo applicativo;
2. motivare chiaramente la scelta delle strategie, metodi e contenuti, nonché degli strumenti computazionali adottati;

3. svolgere con successo le attività di comunicazione delineate nei punti precedenti, sia in ambito strettamente matematico, sia in più generali ambiti di carattere scientifico, sia fungendo da interfaccia effettiva in un ampio ventaglio di ambienti di lavoro e di luoghi di interlocuzione sociale.

Queste capacità saranno verificate in concreto attraverso esposizioni da parte dello studente su temi proposti dai docenti, nonché attraverso la frequentazione attiva di seminari o stage.

### Capacità di apprendimento

I laureati avranno acquisito nel loro corso di studi metodiche e stili di apprendimento e verifica delle conoscenze, tali da metterli in grado di:

1. proseguire i propri studi con ampia autonomia, approfondendo le proprie conoscenze a livello specialistico per l'eventuale inizio di successive attività di ricerca teorica o applicata (e.g. Dottorato, Master di livello avanzato);
2. affrontare in modo autonomo lo studio sistematico di settori della Matematica anche non precedentemente privilegiati nel percorso di studi, ad esempio ai fini dell'insegnamento matematico di livello superiore e della comunicazione scientifica di alto profilo;
3. utilizzare banche dati e risorse da internet per estrarne informazioni e spunti atti a meglio inquadrare e sviluppare il proprio lavoro di studio e ricerca.

La verifica di queste capacità, con particolare attenzione all'abilità di integrare nuove conoscenze con quelle precedentemente acquisite, di valutarle criticamente, e di proporre contenuti e sviluppi originali, culminerà nella valutazione dei risultati raggiunti nella compilazione della tesi relativa alla prova finale.

## **Sbocchi professionali**

### **MATEMATICO**

Il Corso prepara in modo specifico alle professioni di matematico, statistico e alle professioni a queste correlate. (Codice ISTAT 2.1.1.3.1).

#### Funzioni

La ricchezza culturale e metodologica che caratterizza il percorso formativo consentirà ai laureati del Corso di Laurea Magistrale in Matematica sia di imboccare selettivamente un percorso di avviamento alla ricerca matematica, pura o applicata, sia di assumere ruoli di elevata responsabilità in progetti di ricerca scientifica avanzata, nella costruzione e nello sviluppo computazionale di modelli matematici in diversi ambiti scientifici, ambientali, sanitari, industriali, finanziari, nonché nei servizi e nella pubblica amministrazione, nei settori della comunicazione della Matematica, nella scuola e in enti di ricerca, uffici, studi e, in generale, in tutte le aziende per la cui attività sia rilevante la modellizzazione di fenomeni fisici, naturali, informatici, economico-finanziari, sociali ed organizzativi. Le caratteristiche peculiari della sua formazione apriranno, infine, al laureato nel Corso di Laurea Magistrale in Matematica la possibilità di intraprendere carriere professionali in ambiti anche diversi da quello scientifico-tecnologico. I laureati in Matematica interessati all'insegnamento hanno la possibilità di iscriversi ai Tirocini Formativi Attivi (TFA), specificatamente nelle classi :

- Matematiche e scienze nella scuola secondaria di I grado (TFA I Grado) - Classe A059
- Matematica (TFA II Grado) - Classe A047
- Matematica e fisica (TFA II Grado) - Classe A049

## Competenze

La caratteristica principale di un laureato in Matematica è la capacità di inserirsi velocemente in diversi contesti lavorativi.

## Sbocco

Nell'ambito di un accordo di collaborazione tra Regione Lombardia e sistema universitario lombardo per la promozione e diffusione del contratto di apprendistato per l'Alta Formazione, ai sensi dell' art. 50 D. Lgs. 276/2003, è previsto un percorso formativo di durata triennale, alternativo alla tradizionale Laurea Magistrale. Durante tale percorso, lo studente, con contratto di assunzione, completa la formazione universitaria in un'azienda che aderisce al progetto. E' previsto che, con il conseguimento della Laurea, il contratto possa trasformarsi in un contratto a tempo indeterminato. Dei laureati magistrali nel 2008 intervistati a 12 mesi dalla laurea il 60 % ha dichiarato di lavorare, il 27 % di proseguire gli studi, il 13 % non ha risposto. Dei laureati nel 2009 intervistati a 12 mesi dalla laurea il 70 % ha dichiarato di lavorare ed il 30 % di essere in cerca di lavoro. Dei laureati nel 2010 intervistati a 12 mesi dalla laurea l' 87 % ha dichiarato di lavorare ed il 13 % di proseguire gli studi. Dei laureati nel 2011 intervistati a 12 mesi dalla laurea il 68 % ha dichiarato di lavorare, il 10% di essere in cerca di lavoro ed il 15 % di proseguire gli studi. Dei laureati nel 2014, intervistati a 12 mesi dalla laurea, il 90% (contro il 74% dell'ateneo) ha dichiarato di lavorare (di cui il 39% svolge attività lavorativa nel mondo della Ricerca e dell'Insegnamento) e il 20% (contro il 16% dell'ateneo) di studiare e/o di svolgere un tirocinio. Il 7,5% dichiara di essere soddisfatto, contro il 7,2% dell'ateneo. Riguardo alla soddisfazione degli studenti in ambito lavorativo successivo alla laurea, si osserva che dei laureati intervistati nel 2014 da AlmaLaurea, il 15% (contro il 39% di Ateneo) dichiara di utilizzare nel lavoro in misura elevata le competenze acquisite con la laurea.

## **Norme relative all'accesso**

Per essere ammessi al Corso di Laurea Magistrale occorre essere in possesso della Laurea o del Diploma universitario di durata triennale, ovvero di titolo di studio conseguito all'estero, riconosciuto come idoneo.

## **Modalità di ammissione**

La Laurea Magistrale in Matematica è di particolare interesse per laureati in discipline scientifiche e ingegneristiche. Una commissione, appositamente nominata dal Consiglio di Coordinamento Didattico, valuterà l'idoneità dei candidati, basandosi sulla documentazione presentata ed eventualmente su un colloquio. Il possesso di una Laurea in Matematica con votazione di almeno 95/110 è condizione sufficiente a certificare il soddisfacimento dei requisiti curriculari e l'adeguatezza della preparazione personale. Le date e le modalità di svolgimento degli eventuali colloqui saranno diffuse con appositi avvisi. Su richiesta motivata, la suddetta Commissione valuterà la possibilità di tenere il colloquio in modalità telematica. Oltre all'iscrizione annuale (tempo pieno), lo studente potrà effettuare una iscrizione a crediti (CFU) optando per un impegno a tempo parziale, con le modalità definite nell'art. 9 del Regolamento degli studenti disponibile alla pagina

<http://www.unimib.it/go/45702/Home/Italiano/Ateneo/Regolamenti/Regolamento-degli-Studenti>

## **Organizzazione del corso**

L'acquisizione delle competenze da parte degli studenti durante il corso di studi viene valutata in crediti formativi universitari (CFU). I crediti formativi corrispondono alle attività di apprendimento dello studente, comprensive delle attività formative attuate dal Corso di Laurea e dell'impegno riservato allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale. Un CFU corrisponde a 25 ore di lavoro complessivo, distribuite tra ore di lezione frontale, esercitazioni e attività di laboratorio, studio individuale, ed eventuali attività di stage.

Per i corsi valgono le seguenti corrispondenze:

1 CFU di attività didattica frontale: 7 ore

1 CFU di esercitazione in aula: 10 ore

1 CFU di laboratorio: 12 ore.

Le attività formative sono suddivise in attività formative caratterizzanti, attività affini o integrative.

#### Attività formative caratterizzanti e attività affini o integrative.

Per aiutare lo studente a costruirsi un Piano degli studi che sia vicino ai suoi interessi culturali ed equilibrato nella scelta tra aspetti teorici e applicativi della Matematica, il Corso di Laurea Magistrale è stato articolato in quattro curricula, denominati per semplicità 1, 2, 3, 4, che si differenziano per il numero di insegnamenti caratterizzanti negli ambiti della formazione teorica e della formazione modellistico applicativa. Questi curricula sono riassunti nelle seguenti tabelle, dove gli insegnamenti sono divisi in tre ambiti: (1) teorico (2) applicativo (3) affine e integrativo.

---

### I ANNO

---

#### Insegnamenti caratterizzanti (48 CFU)

6 corsi nella tabella A di cui:

almeno due corsi di formazione teorica avanzata (MAT/02 – MAT/03 – MAT/05)

almeno un corso di formazione modellistico applicativa (MAT/06 – MAT/07 – MAT/08)

AMBITO:

Formazione Teorica Avanzata

Formazione Modellistico Applicativa

#### Insegnamenti affini e integrativi (16 CFU)

2 corsi nella tabella B

(MAT/02 – MAT/03 – MAT/05 – MAT/06 – MAT/07 – MAT/08 – FIS/08 – SECS-S/06)

---

### II ANNO

---

#### Attività formative a libera scelta (16 CFU)

2 corsi nelle tabelle A o B o altri corsi dell'Ateneo, o anche impartiti in altri Atenei e per i quali è prevista una specifica convenzione, purché conformi alla struttura e alle finalità del Corso di Laurea.

F4001Q041 Elaborazione di Testi Matematici (ICT) (1 CFU)

F4001Q040 Prova Finale (39 CFU)



---

## CURRICULUM 1

5 corsi caratterizzanti di formazione teorica avanzata (MAT/02 – MAT/03 – MAT/05)

1 corso caratterizzante di formazione modellistico applicativa (MAT/06 – MAT/07 – MAT/08)

## CURRICULUM 2

4 corsi caratterizzanti di formazione teorica avanzata (MAT/02 – MAT/03 – MAT/05)

2 corsi caratterizzanti di formazione modellistico applicativa (MAT/06 – MAT/07 – MAT/08)

## CURRICULUM 3

3 corsi caratterizzanti di formazione teorica avanzata (MAT/02 – MAT/03 – MAT/05)

3 corsi caratterizzanti di formazione modellistico applicativa (MAT/06 – MAT/07 – MAT/08)

## CURRICULUM 4

2 corsi caratterizzanti di formazione teorica avanzata (MAT/02 – MAT/03 – MAT/05)

4 corsi caratterizzanti di formazione modellistico applicativa (MAT/06 – MAT/07 – MAT/08)

---

## TABELLA A – INSEGNAMENTI CARATTERIZZANTI

Codice – Insegnamenti – CFU – Settore – Ambito

F4001Q102 – ALGEBRA LINEARE NUMERICA – 8 CFU – MAT/08 Formazione modellistico applicativa

F4001Q074 – ANALISI ARMONICA – 8 CFU – MAT/05 – Formazione teorica avanzata

F4001Q075 – ANALISI FUNZIONALE – 8 CFU – MAT/05 – Formazione teorica avanzata

F4001Q076 – ANALISI REALE ED EQUAZIONI DIFFERENZIALI – 8 CFU – MAT/05 – Formazione teorica avanzata

F4001Q055 – ANALISI SUPERIORE – 8 CFU – MAT/05 – Formazione teorica avanzata

F4001Q064 – APPROSSIMAZIONE DI EQUAZIONI DIFFERENZIALI – 8 CFU – MAT/08 – Formazione modellistico applicativa

F4001Q090 – COMBINATORICA ALGEBRICA – 8 CFU – MAT/02 – Formazione teorica avanzata

F4001Q069 – GEOMETRIA COMPLESSA – 8 CFU – MAT/03 Formazione teorica avanzata (offerto al 1° anno)

F4001Q071 – GEOMETRIA DIFFERENZIALE – 8 CFU – MAT/03 – Formazione teorica avanzata

F4001Q079 – GEOMETRIA E FISICA – 8 CFU – MAT/07 – Formazione modellistico applicativa

F4001Q078 – MECCANICA SUPERIORE – 8 CFU – MAT/07 – Formazione modellistico applicativa

F4001Q063 – METODI DELLA FISICA MATEMATICA – 8 CFU – MAT/07 – Formazione modellistico applicativa

F4001Q077 – METODI STOCASTICI PER LA FINANZA – 8 CFU – MAT/06 – Formazione modellistico applicativa

F4001Q080 – MODELLAZIONE GEOMETRICA E GRAFICA COMPUTAZIONALE – 8 CFU – MAT/08 – Formazione modellistico applicativa

F4001Q059 – PROCESSI STOCASTICI – 8 CFU – MAT/06 – Formazione modellistico applicativa

F4001Q073 – TEORIA DEI NUMERI E CRITTOGRAFIA – 8 CFU – MAT/02 – Formazione teorica avanzata

F4001Q072 – TEORIA DELLE RAPPRESENTAZIONI – 8 CFU – MAT/02 – Formazione teorica avanzata

F4001Q099 – GEOMETRIA SIMPLETTICA – 8 CFU – MAT/03 Formazione teorica avanzata (offerto al 2° anno)

---

#### TABELLA B – INSEGNAMENTI AFFINI E INTEGRATIVI

Codice – Insegnamenti – CFU – Settore – Ambito

F4001Q083 – ARGOMENTI DI GEOMETRIA E TOPOLOGIA – 8 CFU – MAT/03

F4001Q056 – CALCOLO DELLE VARIAZIONI – 8 CFU – MAT/05

F4001Q065 – CALCOLO SCIENTIFICO – 8 CFU – MAT/08

F4001Q084 – MATEMATICA ELEMENTARE – 8 CFU – MAT/05

F4001Q087 – METODI MATEMATICI PER LA FISICA MODERNA – 8 CFU – MAT/07

F4001Q094 – METODI MATEMATICI PER L'ANALISI ECONOMICA – CONTROLLO OTTIMO – 8 CFU SECS-S/06

F4001Q095 – METODI MATEMATICI PER L'ANALISI ECONOMICA – OTTIMIZZAZIONE E ANALISI CONVESSA – 8 CFU – SECS-S/06

F4001Q033 – PREPARAZIONE DI ESPERIENZE DIDATTICHE – 8 – FIS/08

F4001Q096 – STORIA DELLA MATEMATICA – 8 CFU – MAT/05

F4001Q097 – STORIA DELLA MATEMATICA – ELEMENTI – 4 CFU – MAT/05

F4001Q082 – TEORIA GEOMETRICA DEI GRUPPI – 8 CFU – MAT/02

---

#### Attività formative a scelta dello studente

I crediti delle attività formative a libera scelta dello studente (16 CFU) possono essere utilizzati sia per scegliere insegnamenti nelle tabelle A e B, sia per scegliere tra tutti gli insegnamenti attivati nei differenti Corsi di Laurea Magistrale dell'Ateneo, o anche corsi impartiti in altri Atenei convenzionati, purché in maniera conforme con le finalità e la struttura generale del piano degli studi. Questi corsi a scelta sono parte integrante del piano degli studi e devono quindi essere sottoposti all'approvazione del Consiglio di Coordinamento Didattico al fine di verificarne la coerenza con il progetto formativo. Ci permettiamo di suggerire nelle tabelle C e D una lista non esaustiva di possibili insegnamenti a scelta che già non compaiano nelle tabelle A e B.

---

#### TABELLA C – INSEGNAMENTI A SCELTA CONSIGLIATI

Codice – Insegnamenti – CFU – Settore – Ambito

F1801Q128 – METODI DEL CALCOLO SCIENTIFICO – 6 CFU – MAT/08 (CdLM in Informatica)

---

#### TABELLA D – INSEGNAMENTI A SCELTA DELLA LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA MATEMATICA DEL POLITECNICO DI MILANO

POLIMI – ADVANCED PARTIAL EQUATIONS – 8 CFU

POLIMI – ADVANCED PROGRAMMING FOR SCIENTIFIC COMPUTING – 10 CFU  
POLIMI – ALGORITHMS AND PARALLEL COMPUTING – 10 CFU  
POLIMI – APPLIED STATISTICS – 10 CFU  
POLIMI – BAYESIAN STATISTICS – 10 CFU  
POLIMI – BIOMATHEMATICAL MODELING – 8 CFU  
POLIMI – COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS – 10 CFU  
POLIMI – COMPUTATIONAL FINANCE – 10 CFU  
POLIMI – COMPUTATIONAL MODELING IN ELECTRONICS AND BIOMATHEMATICS – 8 CFU  
POLIMI – FINANCIAL ENGINEERING – 10 CFU  
POLIMI – FLUIDS LABS – 10 CFU  
POLIMI – GAME THEORY – 8 CFU  
POLIMI – MATHEMATICAL AND PHYSICAL MODELING IN ENGINEERING – 10 CFU  
POLIMI – MATHEMATICAL FINANCE II – 10 CFU  
POLIMI – METHODS AND MODELS FOR STATISTICAL MECHANICS – 8 CFU  
POLIMI – NUMERICAL ANALYSIS FOR PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS – 10 CFU  
POLIMI – OPTIMIZATION – 8 CFU  
POLIMI – REAL AND FUNCTIONAL ANALYSIS – 8 CFU  
POLIMI – STOCHASTIC DIFFERENTIAL EQUATION – 8 CFU  
POLIMI – STOCHASTICAL DYNAMICAL MODELS – 8 CFU

---

In ogni caso, gli esami a scelta dovranno essere conformi al piano di studi dello studente e approvati dalla Commissione Piani di studio.

#### Tirocini formativi e stage

Sono previsti degli accordi di collaborazione tra la Regione Lombardia e il sistema universitario lombardo per la promozione e la diffusione del contratto di apprendistato per l'alta formazione ai sensi dell' art.5, D.Lgs. 167/2011.

#### Forme didattiche

Il percorso formativo è caratterizzato dalla presenza di insegnamenti intesi a fornire un organico spettro di argomenti di carattere avanzato nelle discipline fondamentali (Algebra, Geometria, Analisi, Probabilità, Fisica Matematica, Analisi Numerica). Al lavoro di tesi è attribuita una valenza determinante per il compimento del ciclo di studi. Il percorso formativo è deciso dallo studente sulla base dei propri interessi e delle proprie inclinazioni, scegliendo tra i corsi offerti nel rispetto delle norme qui descritte. Tutti gli insegnamenti hanno durata semestrale. Non sono fissate rigide propedeuticità tra gli esami. Il carico didattico può essere suddiviso in modo equo nei primi tre semestri. Il secondo anno di Corso è prevalentemente riservato al lavoro di tesi. I crediti formativi corrispondenti ad ogni insegnamento sono attribuiti allo studente previo il superamento di un esame di profitto scritto e/o orale.

#### Modalità di verifica del profitto

Gli esami di profitto possono essere orali e/o scritti; la valutazione finale può prevedere un colloquio in ossequio al vigente regolamento didattico di ateneo. Gli insegnamenti possono prevedere verifiche intermedie che sono parte integrante dell'esame finale.

### Frequenza

La frequenza non è obbligatoria.

### Piano di studi

Il Piano di studio è l'insieme delle attività formative obbligatorie, delle attività previste come opzionali e delle attività formative scelte autonomamente dallo studente in coerenza con il Regolamento Didattico del Corso di Studio. Allo studente viene automaticamente attribuito un Piano di studio all'atto dell'iscrizione al primo anno, che costituisce il Piano di studio statutario. Successivamente lo studente deve presentare un proprio Piano di studio con l'indicazione delle attività opzionali e di quelle a scelta. In ogni caso, il numero degli esami non dovrà essere superiore a 12. Le modalità e le scadenze di presentazione del Piano sono definite dall'Ateneo. Il diritto dello studente di sostenere prove di verifica relative a una attività formativa è subordinato alla presenza dell'attività stessa nell'ultimo Piano di studio approvato. I Piani di studio compilati in osservanza delle norme descritte precedentemente saranno automaticamente approvati dalla Commissione Piani di Studio del Consiglio di Coordinamento Didattico. La Commissione potrà prendere in considerazione anche Piani di studio compilati in deroga alle norme precedenti, ma sempre conformi all'Ordinamento del Corso di Laurea, quando siano motivati da esigenze di carattere eccezionale avanzate dallo studente. In questo caso, la Commissione valuterà il Piano di studio presentato e lo sottoporrà all'approvazione del Consiglio di Coordinamento Didattico, a cui spetterà la decisione di accettare o rifiutare il Piano di studio in deroga. Per eventuali aiuti alla compilazione dei Piani di studio o per altri problemi di orientamento e tutorato, lo studente è invitato a rivolgersi alla Commissione Piani di studio e alla Commissione Orientamento.

Per quanto non previsto da questo regolamento, si rinvia al Regolamento d'Ateneo per gli Studenti.

### Propedeuticità e sbarramenti

Benché non siano previste delle rigide propedeuticità tra questi corsi, alcuni potranno di fatto richiedere i contenuti di altri. Per queste propedeuticità, si consultino i docenti dei corsi stessi.

### Scansione delle attività formative e appelli d'esame

Le attività formative sono organizzate in modo da equilibrare la frequenza alle lezioni, esercitazioni, laboratori nell'arco temporale tra Ottobre e Giugno. Il primo semestre sarà tra Ottobre e Gennaio e il secondo semestre tra Marzo e Giugno. A Febbraio ci sarà un periodo di sospensione della didattica. Gli esami di profitto sono previsti di norma nei periodi di sospensione delle lezioni e sono in numero non inferiore a quanto stabilito dal vigente Regolamento Didattico di Ateneo.

### Accordi per la mobilità internazionale degli studenti

Il Corso di Laurea in Matematica partecipa al "Programma LLP-Erasmus", strumento rivolto alla cooperazione tra istituzioni di alta formazione dei paesi UE, attraverso la mobilità internazionale degli studenti, del corpo docente e del personale tecnico-amministrativo. Con il "Programma LLP-Erasmus", lo studente può fare un'esperienza di studio all'estero presso uno dei Partners Erasmus dell'Ateneo, per un periodo che può andare da un minimo di 3 mesi

ad un anno, durante il quale potrà studiare e dare esami che gli saranno riconosciuti nel piano di studi ai fini della laurea.

Il Corso di Laurea in Matematica partecipa anche al "Programma EXCHANGE Extra-UE" che assegna premi di studio agli studenti per lo svolgimento di un periodo di studio all'estero finalizzato alla preparazione della tesi di laurea magistrale, della durata minima di 3 mesi e massima di 6 mesi, presso università o centri di ricerca di eccellenza europei ed extra-europei.

Il Prof. Renzo RICCA è il referente per lo svolgimento di periodi di studio all'estero, ed esistono delle convenzioni con le seguenti Università, con titolo di studio solo italiano:

Atenei in convenzione e periodo della convenzione

- 1) University of Graz (Graz AUSTRIA) 14/07/2014 - 13/07/2020
- 2) Vrije Universitet Bruxelles (Bruxelles BELGIO) 13/12/2013 - 12/12/2020
- 3) Université de Nice Sophia-Antipolis (Nice FRANCIA) 24/01/2014 - 23/01/2021
- 4) UNIVERSITÄT KAISERSLAUTERN (Kaiserslautern GERMANIA) 06/03/2014 - 05/03/2020
- 5) Panepistimio Kritis (Creta GRECIA) 08/08/2014 - 07/08/2021
- 6) Universidade de Lisboa (Lisbona PORTOGALLO) 25/03/2014 - 24/03/2021
- 7) ZAPADOCESKA UNIVERZITA V PLZNI (Plzen REPUBBLICA CECA) 31/10/2013 - 30/10/2020
- 8) Universidad Autonoma de Madrid (Madrid SPAGNA) 17/12/2013 - 16/12/2020

Esistono anche altri programmi di mobilità internazionale e in sedi diverse da quelle qui indicate.

Per maggiori e più precise informazioni si possono anche contattare direttamente gli uffici competenti e consultare la seguente pagina web:

<http://www.unimib.it/go/45776/Home/Italiano/Menu-sinistra/Internazionalizzazione/Mobilita-internazionale>

### **Prova finale**

La prova finale consiste nella presentazione di una tesi su argomenti originali, redatta dallo studente sotto la guida di un relatore ufficiale assegnato dal Consiglio di Coordinamento Didattico.

### **Modalità di svolgimento della prova finale**

La prova finale consiste nella presentazione di una tesi su argomenti originali, redatta dallo studente sotto la guida di un relatore ufficiale. La tesi è discussa in seduta pubblica davanti ad una commissione di docenti ufficialmente nominata. Fa parte integrante della prova finale l'avvenuta acquisizione delle abilità informatiche ad essa correlate.

### **Riconoscimento CFU e modalità di trasferimento**

#### Trasferimento da altro Ateneo

In caso di trasferimento da altri Corsi di Laurea o da altro Ateneo, all'interno della stessa classe o altre classi, lo studente può chiedere il riconoscimento di crediti formativi acquisiti nel precedente Corso di Studio. Le attività già riconosciute ai fini della attribuzione di crediti formativi universitari nell'ambito di corsi di Laurea non possono essere nuovamente riconosciute come crediti formativi universitari nell'ambito di corsi di Laurea Magistrale. Il

riconoscimento viene effettuato da una apposita commissione, nominata dal Consiglio di Coordinamento Didattico, sulla base della conformità fra i contenuti del corso di provenienza e quelli del corso a cui si vuole accedere. È ammesso il riconoscimento parziale di un insegnamento.

#### Riconoscimento crediti da attività professionali

Il numero massimo di crediti formativi universitari riconoscibili per attività professionali certificate individualmente ai sensi della normativa vigente (Nota 1063 del 29/04/2011) è fissato in 12 CFU complessivamente tra corsi di I livello e di II livello (Laurea e Laurea Magistrale).

#### Ammissione di studenti laureati in Ingegneria Matematica

Uno studente in possesso di una Laurea Magistrale in Ingegneria Matematica può chiedere di essere ammesso al secondo anno della Laurea Magistrale in Matematica dell'Università di Milano Bicocca e può, di norma, ottenere questa nuova Laurea sostenendo 3 esami da 8 CFU più la tesi di Laurea. I tre esami devono essere concordati con la Commissione Piani di studio.

#### **Attività di ricerca a supporto delle attività formative che caratterizzano il profilo del corso di studio**

Le attività formative sono fortemente collegate alle attività di ricerca sviluppate nell'ambito del Dipartimento di Matematica e Applicazioni. In particolare, le attività di ricerca sviluppate nel Dipartimento sono fonte elettiva per l'elaborazione della tesi di Laurea. Le indicazioni relative a tali attività di ricerca sono reperibili sul sito del Dipartimento di Matematica e Applicazioni: <http://www.matapp.unimib.it>

#### Alcune tematiche di ricerca del Dipartimento

- Algebra: Gruppi e algebre di Lie. Teoria dei gruppi. Crittografia. Combinatoria.
- Geometria: Geometria algebrica. Geometria complessa. Topologia algebrica. Sistemi dinamici.
- Analisi: Analisi armonica in spazi euclidei, varietà differenziali, strutture discrete. Calcolo funzionale per operatori differenziali su gruppi di Lie. Analisi non lineare ed equazioni differenziali. Sistemi di leggi di conservazione iperbolici. Topologia generale.
- Probabilità: Equazioni differenziali stocastiche. Controllo stocastico. Sistemi di particelle interagenti. Passeggiate aleatorie.
- Fisica Matematica: Geometria dei sistemi integrabili. Fluidodinamica. Meccanica quantistica. Teoria dei campi.
- Analisi numerica: Approssimazione di equazioni differenziali. Algebra lineare numerica. Modellazione geometrica e grafica computazionale. Analisi armonica numerica.
- Metodi matematici per l'economia: Ottimizzazione. Problemi di equilibrio. Dinamiche caotiche. Teoria dei giochi. Convessità. Finanza matematica.
- Comunicazione e didattica della matematica.

Sono possibili variazioni non sostanziali al presente Regolamento Didattico. In particolare, per gli insegnamenti indicati come a scelta, l'attivazione sarà subordinata al numero degli studenti iscritti.

## **Docenti del corso di studio**

Il Piano Didattico del Corso di Laurea Magistrale in Matematica prevede che insegnamenti per più di 60 crediti sono tenuti da professori o ricercatori inquadrati nei relativi settori scientifico-disciplinari e di ruolo presso l'Ateneo.

I docenti del corso di studio sono (in ordine alfabetico):

BEIRAO DA VEIGA Lourenco - MAT/08

CALOGERO Andrea Giovanni - SECS-S/06

CARAVENNA Francesco - MAT/06

CELLINA Arrigo - MAT/05

COLZANI Leonardo - MAT/05

CONTI Diego - MAT/03

DALLA VOLTA Francesca - MAT/02

DI MARTINO Lino Giuseppe - MAT/02

FALQUI Gregorio - MAT/07

FERRARIO Davide Luigi - MAT/03

GARAVELLO Mauro - MAT/05

GUERRA Graziano - MAT/05

KUHN Maria Gabriella - MAT/05

LUCCHINI Gianni - FIS/03

MAGRI Franco - MAT/07

MEDA Stefano - MAT/05

NOJA Diego Davide - MAT/07

PAOLETTI Roberto - MAT/03

PINI Rita - SECS-S/06

PREVITALI Andrea - MAT/02

RICCA Renzo - MAT/07

ROMANI Lucia - MAT/08

RUSSO Alessandro - MAT/08

SOARDI Paolo Maurizio - MAT/05

TABLINO POSSIO Cristina - MAT/08

TESSITORE Gianmario - MAT/06

TRAVAGLINI Giancarlo - MAT/05

WEIGEL Thomas Stefan - MAT/02

### **Altre informazioni**

Coordinatore del Corso: Prof.ssa Francesca Dalla Volta

Sede del Corso: Dipartimento di Matematica e Applicazioni Edificio U5 Via Cozzi, 55 - 20125 Milano

Segreteria didattica: St. 2108, II Piano, Edificio U5 Via Cozzi, 55 - 20125 Milano

Responsabile: Dott. Antonino GENNARO

Ricevimento studenti: il servizio è fruibile previo appuntamento da concordarsi con il Responsabile scrivendo a [segreteria-matematica@unimib.it](mailto:segreteria-matematica@unimib.it)

Indirizzo internet del corso di laurea: <http://www.matapp.unimib.it>

Per le procedure e termini di scadenza di Ateneo relativamente alle immatricolazioni/iscrizioni, trasferimenti, presentazione dei Piani di studio consultare il sito web [www.unimib.it](http://www.unimib.it).



# INSEGNAMENTI

ALGEBRA LINEARE NUMERICA  
ANALISI ARMONICA  
ANALISI FUNZIONALE  
ANALISI REALE ED EQUAZIONI DIFFERENZIALI  
ANALISI SUPERIORE  
APPROSSIMAZIONE DI EQUAZIONI DIFFERENZIALI  
ARGOMENTI DI GEOMETRIA E TOPOLOGIA  
CALCOLO DELLE VARIAZIONI  
CALCOLO SCIENTIFICO  
COMBINATORICA ALGEBRICA  
GEOMETRIA COMPLESSA  
GEOMETRIA DIFFERENZIALE  
GEOMETRIA SIMPLETTICA  
GEOMETRIA E FISICA  
MATEMATICA ELEMENTARE  
MECCANICA SUPERIORE  
METODI DELLA FISICA MATEMATICA  
METODI MATEMATICI PER LA FISICA MODERNA  
METODI MATEMATICI PER L'ANALISI ECONOMICA - CONTROLLO OTTIMO  
METODI MATEMATICI PER L'ANALISI ECONOMICA - OTTIMIZZAZIONE E ANALISI CONVESSA  
METODI STOCASTICI PER LA FINANZA  
MODELLAZIONE GEOMETRICA E GRAFICA COMPUTAZIONALE  
PREPARAZIONE DI ESPERIENZE DIDATTICHE  
PROCESSI STOCASTICI  
STORIA DELLA MATEMATICA  
STORIA DELLA MATEMATICA - ELEMENTI  
TEORIA DEI NUMERI E CRITTOGRAFIA  
TEORIA DELLE RAPPRESENTAZIONI  
TEORIA GEOMETRICA DEI GRUPPI

**ALGEBRA LINEARE NUMERICA (2017/2018 - IL CORSO NON SARÀ ATTIVATO NELL'ANNO ACCADEMICO 2018/2019, contattare la docente per ulteriori informazioni)**

Docente: Cristina TABLINO POSSIO

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/08

Anno: I

Semestre: II

Lezioni: 6 Cfu

Esercitazioni in laboratorio: 2 Cfu

**Introduzione al corso:**

Nel corso vengono presentati i metodi di riferimento per la risoluzione di sistemi lineari derivanti dalla discretizzazione di equazioni a derivate parziali e di equazioni integrali.

**Obiettivi del corso:**

Acquistare sensibilità circa le difficoltà computazionali tipiche di sistemi lineari di grandi dimensioni e padroneggiare tecniche di analisi dei metodi iterativi più innovativi.

**Conoscenze richieste:**

Corsi di base della Laurea Triennale (Analisi Matematica I e II, Algebra lineare, Calcolo Numerico) e preferibilmente il corso di Approssimazione di Equazioni Differenziali.

**Programma:**

- Decomposizione ai valori singolari e sue applicazioni.
- Analisi spettrale e condizionamento di sistemi lineari provenienti da PDEs.
- Metodi di Krylov per sistemi lineari simmetrici e non simmetrici.
- Metodi di multigrid geometrico e algebrico.
- Tecniche di preconditionamento.
- Trasformate veloci.
- Applicazioni nella risoluzione di equazioni a derivate parziali e equazioni integrali.

**Testi:**

- S. C. Brenner, L. R. Scott. *The mathematical theory of finite element methods. Third edition.* Texts in Applied Mathematics, 15. Springer, New York, 2008.
- G. H. Golub, C. F. Van Loan. *Matrix computations. Third edition.* Johns Hopkins Studies in the Mathematical Sciences. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, 1996.
- A. Greenbaum. *Iterative methods for solving linear systems.* Frontiers in Applied Mathematics, 17. Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM), Philadelphia, PA, 1997.
- Y. Saad. *Iterative methods for sparse linear systems. Second edition.* Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, PA, 2003.
- U. Trottenberg, C. W. Oosterlee, A. Schüller. *Multigrid. With contributions by A. Brandt, P. Oswald and K. Stüben.* Academic Press, Inc., San Diego, CA, 2001.

**Modalità d'esame:**

Relazione scritta e prova orale

## **ANALISI ARMONICA (2017/2018)**

Docente: M. G. Kuhn – S. Meda

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/05

Anno: I - II

Semestre: II

Lezioni: 8 cfu

### **Introduzione al corso:**

Analisi di Fourier e teoria del segnale

### **Obiettivi del corso:**

Il corso fornisce un'introduzione all'analisi armonica classica, con applicazioni alla teoria del segnale.

### **Conoscenze richieste:**

Il contenuto dei corsi di Analisi Matematica I e II, Algebra Lineare.

### **Programma:**

Fondamenti di Analisi di Fourier in una variabile. Applicazioni all'analisi del segnale e, in particolare, alla musica. Ulteriori seminari a cura del prof. L. Colzani illustreranno l'approccio originale degli Autori di alcuni dei risultati fondamentali presentati nel corso.

### **Testi:**

Verranno elencati in seguito

### **Modalità d'esame:**

Esame scritto e orale

## ANALISI FUNZIONALE (2017/2018)

Docente: Paolo Maurizio Soardi

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/05

Anno: I

Semestre: II

Lezioni: cfu 8

### Introduzione al corso:

Argomenti classici dell'analisi funzionale con l'accento sugli spazi di Banach, compattezza, dualità, topologie deboli e applicazioni.

### Obiettivi del corso:

Fornire un resoconto completo dei capitoli fondamentali dell'analisi funzionale

### Conoscenze richieste:

Elementi di Teoria dell'integrazione astratta, elementi di teoria degli spazi  $L^p$ , elementi di topologia generale. Conoscenze di base sugli spazi di Banach e gli spazi di Hilbert.

### Programma:

Richiami di teoria astratta dell'integrazione, richiami di argomenti sugli spazi  $L^p$  (in particolare completezza). Spazi di funzioni continue in spazi di Hausdorff localmente compatti. Lemma di Urysohn e Teorema di Lusin. Densità delle funzioni continue a supporto compatto in  $L^p$ . Separabilità di alcuni spazi di funzioni continue. Separabilità di  $L^p$ . Spazi di Sobolev: definizione e prime proprietà. Compattezza e non compattezza in spazi di Banach. Il teorema di Ascoli-Arzelà in  $C(X)$  e sua estensione; il Teorema di Riesz-Kolmogorov in  $L^p$ . Funzionali lineari e topologia debole su uno spazio normato. Funzionali subadditivi positivamente omogenei. Forma generale del Teorema di Hahn-Banach. Convessità e separazione mediante iperpiani. Il Teorema di Mazur. Topologia debole stella. Duale e bidualità. Topologia prodotto e Teorema di Tichonov. Il Teorema di Alaoglu. Spazi riflessivi. Uniforme convessità. Teorema di Kakutani. Compattezza per successioni nella topologia debole stella. Teorema di Eberlein-Smulian. Definizione e proprietà elementari degli spazi vettoriali topologici localmente convessi. Il teorema di Krein-Milman. Il Teorema di Stone Weierstrass (dimostrazione di DeBranges). Misure a valori complessi. Variazione totale. Assoluta continuità. Teorema di Radon-Nykodim. Funzionali continui su spazi di funzioni continue a supporto compatto. Duale di  $C_0(X)$ .

### Testi:

H. Brezis. Functional Analysis.

H. Royden, Real Analysis.

W. Rudin, Real and Complex Analysis.

### Modalità d'esame:

Esame orale

## **ANALISI REALE ED EQUAZIONI DIFFERENZIALI (2017/2018)**

Docenti: Mauro Garavello e Graziano Guerra

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/05

Anno: I

Semestre: I

Lezioni: 8 cfu

### **Introduzione al corso:**

Topologie deboli in spazi infinito dimensionale, spazi  $L^p$  e di Sobolev, teorema di Hille-Yoshida, equazioni alle derivate parziali lineari e leggi di conservazione.

### **Obiettivi del corso:**

L'insegnamento si prefigge come obiettivo un'introduzione alle equazioni alle derivate parziali, con particolare attenzione rivolta alle equazioni differenziali lineari e alle leggi di conservazione. A tale scopo verranno forniti alcuni strumenti fondamentali dell'analisi funzionale.

### **Conoscenze richieste:**

Contenuti di Analisi 1 e Analisi 2 e dell'Algebra Lineare.

### **Programma:**

1. Teoremi di Hahn-Banach.
2. Introduzione alle topologie deboli e deboli\*.
3. Richiami sugli spazi di funzioni continue.
4. Richiami sugli spazi  $L^p$  e loro spazi duali. Separabilità e riflessività degli spazi  $L^p$ .
5. Introduzione agli spazi di Sobolev.
6. Teorema di Hille-Yoshida.
7. Alcune equazioni alle derivate parziali lineari.
8. Funzioni a variazioni limitata con cenni nel caso multidimensionale.
9. Metodo delle caratteristiche.
10. Leggi di conservazione non lineari.

**Testi:**

1. A. Bressan. *Hyperbolic systems of conservation laws: the one-dimensional Cauchy problem*. Vol. 20. Oxford University Press on Demand, 2000.
2. A. Bressan. *Lecture Notes on Functional Analysis*. American Mathematical Society, 1900.
3. H. Brezis. *Functional analysis, Sobolev spaces and partial differential equations*. Springer Science & Business Media, 2010.
4. L.C. Evans. *Partial differential equations*, American Mathematical Society.

**Modalità d'esame:**

Esame orale

## **ANALISI SUPERIORE (2017/2018)**

Docente: Meda Stefano

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/05

Anno: I - II

Semestre: I

Lezioni: 8 cfu

### **Introduzione al corso:**

Il problema di Dirichlet per il laplaciano.

### **Obiettivi del corso:**

Fornire un'introduzione a metodi analitici, utilizzando il problema di Dirichlet del laplaciano quale filo conduttore.

### **Conoscenze richieste:**

Calcolo in più variabili, algebra lineare, fondamenti di spazi di Hilbert e di spazi  $L_p$ .

### **Programma:**

Nozioni basilari sulla convoluzione e la trasformata di Fourier, il problema di Dirichlet nella palla unitaria e nel semispazio, distribuzioni, regolarità di distribuzioni, soluzione del problema di Dirichlet attraverso metodi hilbertiani, teoria spettrale degli operatori compatti, applicazioni alle autofunzioni dell'operatore di Laplace.

### **Testi:**

Si veda il sito del docente

### **Modalità d'esame:**

Esame scritto

## APPROSSIMAZIONE DI EQUAZIONI DIFFERENZIALI (2017/2018)

Docente: Prof. Alessandro Russo

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/08

Anno: I

Semestre: II

Lezioni: 6 cfu

Esercitazioni: 2 cfu

### Introduzione al corso:

Richiami sugli spazi di Sobolev; Lemma di Lax-Milgram; metodo di Galerkin; Lemma di Cea; Elementi Finiti lineari; Elementi Finiti di Lagrange di ordine  $k$ ; stime dell'errore in norma energia; Lemma di Bramble-Hilbert; argomento di dualità di Aubin-Nitsche.

### Obiettivi del corso:

Studio della teoria matematica di base del metodo degli elementi finiti

### Conoscenze richieste:

Analisi Funzionale, Spazi di Sobolev

### Programma:

0: Concetti di base

Presentazione nel caso semplice monodimensionale delle idee e delle tecniche che verranno sviluppate nel corso.

1: Spazi di Sobolev.

Sono l'ambiente funzionale naturale per studiare matematicamente il metodo degli elementi finiti.

2: Formulazione variazionale di problemi ai limiti ellittici

Inquadramento funzionale astratto delle equazioni alle derivate parziali che saranno studiate nel corso.

3: Costruzione di spazi di elementi finiti

Saranno presentati gli elementi finiti più importanti.

4: Teoria dell'approssimazione polinomiale negli spazi di Sobolev

Questa è la parte centrale del corso, dove si studia come gli elementi finiti (che sono essenzialmente funzioni continue e polinomiali a tratti) approssimano le funzioni degli spazi di Sobolev.

5: Problemi variazionali in dimensione  $n$

Applicazione della teoria sviluppata ad alcuni casi concreti di equazioni differenziali alle derivate parziali.

### Testi:

S. C. Brenner e L. R. Scott: *The Mathematical Theory of Finite Element Methods*, Springer

### Modalità d'esame:

Relazione sull'attività di laboratorio e esame orale

### Modalità didattiche:

Lezioni frontali; esercitazioni.

### Note:

Sul sito web: [www.matapp.unimib.it](http://www.matapp.unimib.it) è possibile trovare le informazioni sul c.v. del docente, il numero di telefono dello studio, la sede universitaria o di lavoro, l'orario di ricevimento studenti e l'indirizzo e-mail.



## ARGOMENTI DI GEOMETRIA E TOPOLOGIA (2017/2018)

Docente: Prof. Davide Luigi Ferrario

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/03

Anno: I

Semestre: I

Lezioni: 8 cfu

### Introduzione al corso:

Complessi simpliciali, omologia e coomologia dei poliedri, varietà triangolabili, gruppi di omotopia, applicazioni all'analisi di dati e ai sistemi dinamici.

### Obiettivi del corso:

L'obiettivo del corso è di affrontare alcuni argomenti classici nella topologia algebrica dei complessi simpliciali, introducendo teorie di omologia, coomologia e alcuni aspetti della teoria di omotopia, con alcune applicazioni recenti.

### Conoscenze richieste:

Corsi di base di geometria e algebra della Laurea Triennale

### Programma:

Richiami su spazi topologici, connessione e compattezza. Spazi topologici euclidei, e spazi di funzioni. Cenni sulle categorie e i diagrammi di push-out. Complessi simpliciali euclidei e astratti. Introduzione all'algebra omologica. Omologia con coefficienti. Categoria dei poliedri. Omologia dei poliedri. Prodotti di poliedri. Coomologia di poliedri. L'anello in coomologia, il prodotto cap. Varietà triangolabili. Superfici e classificazione. Dualità di Poincaré. Gruppo fondamentale di poliedri. Gruppo fondamentale e omologia. Gruppi di omotopia. Teoria di ostruzione. Applicazioni: omologia computazionale, omologia persistente, analisi di dati e sistemi dinamici.

### Testi:

Ferrario, Piccinini, "Simplicial structures in topology". CMS Books in Mathematics, Springer, New York, 2011. xvi+243 pp. ISBN: 978-1-4419-7235-4

### Modalità d'esame:

Esame orale.

### Note:

Ulteriori informazioni: <http://www.matapp.unimib.it/~ferrario/agt-2017>

## **CALCOLO DELLE VARIAZIONI (2017/2018)**

Docente: Prof. Arrigo Cellina

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/05

Anno: I

Semestre: II

Lezioni: 8 cfu

### **Introduzione al corso:**

Argomenti di calcolo delle variazioni

### **Obiettivi del corso:**

Conoscere le basi del Calcolo delle Variazioni

### **Conoscenze richieste:**

conoscenze di base dell'analisi moderna.

### **Programma:**

- Introduzione; problemi classici, esempi e controesempi. Il fenomeno di Lavrentiev.
- Il metodo diretto
- Uso della stretta convessità e dei teoremi di confronto.
- Il problema dell'area minima e costruzione di barriere.
- Validità dell'equazione di Eulero Lagrange
- Applicazioni dell'equazione di Eulero Lagrange: maggior regolarità delle soluzioni.
- Introduzione ai problemi di controllo ottimo ed al Principio di Pontriagin.

### **Testi:**

Dacorogna, Direct Methods in the Calculus of Variations, Springer, Berlin

### **Modalità dell'esame:**

Esame orale.

## **CALCOLO SCIENTIFICO (2017/2018)**

Docente: Lourenco Beirao da Veiga

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT08

Anno: I

Semestre: I

Lezioni: 8 cfu

### **Introduzione al corso:**

Il corso tratta l'approssimazione di problemi alle derivate parziali col metodo degli elementi finiti, e può essere considerato uno stadio successivo e più avanzato rispetto al corso "Approssimazione di Equazioni Differenziali" dello stesso corso di laurea. In particolare, si tratterà il problema del calore non-stazionario (con dipendenza anche dal tempo) e problemi con una formulazione detta mista, che giocano un ruolo fondamentale in molte applicazioni (come in fluidodinamica o in problemi di diffusione in mezzi porosi). Parte del corso sarà svolta in laboratorio informatico (MATLAB).

### **Obiettivi del corso:**

Avere una visione e una comprensione completa dei metodi trattati (dai fondamenti teorici alla implementazione al calcolatore) e delle problematiche ad essi associate. Sviluppare anche un certo senso critico nei confronti di possibili metodi proposti.

### **Conoscenze richieste:**

Oltre alle normali conoscenze della laurea triennale in matematica, è richiesto di avere seguito il Corso "Approssimazione di Equazioni Differenziali" e di possedere (ad esempio avendo seguito il Corso "Analisi Superiore") nozioni di base di Analisi Funzionale.

### **Programma:**

Breve ripasso dei concetti e delle nozioni fondamentali del metodo agli elementi finiti, nonché dei risultati principali nel caso di problemi ellittici stazionari. Il problema modello del calore non-stazionario, discretizzazione in spazio con elementi finiti, discretizzazione in tempo (con differenze finite), analisi teorica del metodo, implementazione al calcolatore. Problemi in forma mista. Il problema di Stokes come esempio modello, discretizzazione e problematiche, teoria generale dei metodi misti, alcuni elementi specifici per Stokes e loro analisi, generalizzazioni, implementazione al calcolatore. Il problema della diffusione in forma mista, discretizzazione, analisi teorica, alcuni elementi specifici, generalizzazioni, implementazione. Possibili ulteriori argomenti potranno essere trattati a fine corso.

### **Testi:**

- D. Braess, Finite Elements: theory, fast solvers, and applications in solid mechanics, Cambridge University Press

- F. Brezzi, M. Fortin, Mixed and hybrid finite element methods, Springer (o la nuova edizione Boffi-Brezzi-Fortin)
- V. Thomee, Galerkin Finite Element Methods for Parabolic Problems, Springer

**Modalità d'esame:**

Esame orale

Docente: Prof. Andrea Previtali  
Cfu: 8  
Settore disciplinare: MAT/02  
Semestre: II  
Lezioni: 8 cfu

**Introduzione al corso:**

Teoria dell'Informazione, trasmissione messaggi, probabilita' di errore, entropia, Teorema di Shannon, canale simmetrico, codici correttori di errore, alfabeti, campi finiti, codici lineari, codici di Hamming, ciclici, di Reed-Solomon e Muller, polinomio enumeratore, Teoremi di MacWilliams. Teoria invarianti gruppi finiti.

**Obiettivi del corso:**

Acquisizione degli strumenti per la trasmissione di informazione su canali con rumore, al fine di analizzare procedure di scambio ottimali nella rilevazione e correzione di errori.

**Conoscenze richieste:**

Algebra Lineare, Teoria dei Gruppi, Teoria dei Campi Finiti, Nozioni elementari di termodinamica e probabilita'.

**Programma:**

Trasmissioni con rumore, alfabeto, parole di lunghezza fissata, codici a blocchi; canale simmetrico m-ario con probabilita' p, codici di ripetizione, codice binario di Hamming (7,4,3); distanza di Hamming, lunghezza, dimensione e distanza minima di un codice, sphere packing bound, Gilbert-Varshamov bound, codici perfetti, cenni ai codici di Golay e di Hamming; Codici lineari, peso minimo, estensione di codici; Matrice generatrice di un codice, forma sistematica e standard, codici duali, matrici di controllo, distanza minima di un codice lineare; Cenni all'aritmetica dei campi finiti; Esistenza di codici autoduali, spazi simplettici e ortogonali; Decodifica di codici lineari, coset leaders, sindromi; Spazi proiettivi, decomposizione in spazi affini, codici di Hamming, codici 1-perfetti, unicita' monomiale, traslati di codici lineari; Duali di codici di Hamming, codici a peso costante, teorema di Bonisoli; Gruppo degli automorfismi dei codici di Hamming; Struttura campi finiti, elementi primitivi; Polinomi ciclotomici su campi finiti; Fattorizzazione di  $x^n-1$ , polinomi minimi, struttura automorfismi campo finito, cenni teoria di Galois; classi ciclotomiche, gradi fattori irriducibili  $x^n-1$ , formula d'inversione di Moebius; Definizione di codici ciclici, Teorema di Prange; Duale codice ciclico, polinomi generatori; Generazione di codici ciclici, codici di Golay come codici ciclici, BCH bound; Teorema di MacWilliams sull'estensione di mappe lineari preservanti pesi a trasformazioni globali monomiali; Polinomi enumeratori, teorema di MacWilliams, esempi  $C=0$ ,  $C=Rep$  e loro duali, caratteri di un gruppo; Esempi di anelli con caratteri non degeneri, leggi di ortogonalita'; Teorema di Lloyd sui codici perfetti; Introduzione alla teoria degli invarianti dei gruppi finiti, Teoremi di Noether e di Molien, serie di Hilbert-Poincare, gruppi generati da pseudo-riflessioni, anelli di Cohen-Macaulay, Teorema di Chevalley-Shephard-Todd.

**Testi:**

C.Huffman, V. Pless: "Fundamentals of error-correcting codes", CUP 2003  
J. Hall: "Notes on Coding Theory"

**Modalità d'esame:**

Esame orale e risoluzione di esercizi con l'ausilio di Magma.

**Note:**

Sul sito web: [www.matapp.unimib.it](http://www.matapp.unimib.it) è possibile trovare le informazioni sul c.v. del docente, il numero di telefono dello studio, la sede universitaria o di lavoro, l'orario di ricevimento studenti e l'indirizzo e-mail.

## GEOMETRIA COMPLESSA (2017/2018)

Docente: Prof. Diego Conti  
Cfu: 8  
Settore disciplinare: MAT/03  
Anno: I  
Semestre: II  
Lezioni: 8 cfu

### Introduzione al corso:

Funzioni di più variabili complesse, varietà complesse, fibrati, metriche di Kähler.

### Obiettivi del corso:

Il corso si propone di introdurre alcuni dei concetti e delle tecniche di base della geometria complessa, sia locali (anello dei germi delle funzioni olomorfe e sua struttura algebrica, scoppimento di un punto, potenziale di Kähler) che globali (corrispondenza tra divisori e fibrati in rette, curvatura di un fibrato olomorfo hermitiano, immersioni proiettive e proprietà coomologiche).

### Conoscenze richieste:

Spazi vettoriali, anelli, spazi topologici, calcolo differenziale e integrale, varietà differenziabili, funzioni di una variabile complessa.

### Programma:

- Funzioni olomorfe e algebra lineare hermitiana.
- Polinomi di Weierstrass e teorema degli zeri.
- Varietà complesse, fibrati vettoriali olomorfi, scoppimenti.
- Fasci e coomologia.
- Connessioni; coomologia di Dolbeault.
- Divisori e fibrati in rette; sezioni globali olomorfe e morfismi proiettivi.
- Spazio proiettivo complesso; successione di Eulero, metrica di Fubini-Study.
- Metriche di Kähler e teorema di Kodaira.

### Testi:

D. Huybrechts, Complex Geometry. An Introduction, Springer 2005

### Modalità d'esame:

Esame orale.

## **GEOMETRIA DIFFERENZIALE (2017 / 2018)**

Docente: Roberto Paoletti

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/03

Anno: 1

Semestre: I

Lezioni: 8 CFU

### **Introduzione al corso:**

Varietà differenziali, metriche riemanniane, connessioni, invarianti di curvatura, ipersuperfici e gruppi di Lie, sommersioni riemanniane, trasporto parallelo e geodetiche.

### **Obiettivi del corso:**

Il corso si propone di familiarizzare lo studente con i concetti e le tecniche di base della geometria differenziale, partendo dal concetto fondante di connessione di Levi-Civita come generalizzazione dal contesto 'piatto' a quello 'curvo' della derivata ordinaria di un campo vettoriale.

### **Conoscenze richieste:**

Le competenze di geometria, analisi e algebra offerte dal percorso comune sono in linea di principio adeguate per affrontare il corso con profitto; realisticamente, tuttavia, chi non ha acquisito le conoscenze di base sulle varietà differenziali contenute per esempio nel corso di Geometria III del nostro corso di laurea triennale dovrà fare in parallelo del lavoro preliminare in autonomia, perché la discussione dei prerequisiti sarà limitata a un breve richiamo.

### **Programma:**

Brevi cenni preliminari sulle varietà differenziali; metriche riemanniane; Teorema fondamentale e della Geometria Riemanniana connessione di Levi Civita; tensore di curvatura; curvatura sezionale, di Ricci e scalare; classi di esempi: gruppi di Lie, ipersuperfici, metriche a simmetria rotazionale; operatore forma; equazioni di Gauss e Codazzi-Mainardi; Teorema Egregium; Teorema di Hadamard; sommersioni riemanniane, formula di 'O'Neill e Gray, mappa di Hopf; trasporto parallelo lungo una curva; geodetiche, esistenza e unicità; esempi; mappa esponenziale e sue proprietà; coordinate normali; isometrie.

### **Testi:**

P. Petersen, Riemannian Geometry, Springer Verlag 2006

### **Modalità d'esame:**

Due prove scritte su esercizi e teoria con successiva discussione.

## GEOMETRIA SIMPLETTICA (offerto al secondo anno - 2018/2019)

Docente: Roberto Paoletti

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/03

Anno: I (LM)

Semestre: I

Lezioni: 8 cfu

### Introduzione al corso:

La Geometria Simplettica è l'area della Matematica che sottende alla formulazione hamiltoniana della meccanica classica; è nella sua cornice che concetti come campo vettoriale hamiltoniano, flusso di fase, trasformazione canonica eccetera trovano un'interpretazione naturale e sistematica. Gli spazi delle fasi della meccanica hamiltoniana sono infatti i fibrati cotangenti di qualche spazio delle configurazioni di un sistema fisico, i quali possiedono una struttura simplettica naturale. Tuttavia, la classe delle varietà simplettiche è in realtà molto più ampia e comprende, per esempio, tutte le varietà proiettive complesse (non singolari). La Geometria (e la Topologia) Simplettica è un campo fondamentale e in intensa espansione; inoltre essa ha grande importanza anche per altre aree della Matematica. Concetti come, per esempio, mappa momento, riduzione simplettica, sottovarietà Lagrangiana sono pervasivi in Geometria e Fisica Matematica. Anche la Geometria Differenziale può essere interpretata alla luce della Geometria Simplettica, in quanto il flusso geodetico è un caso particolare di flusso Hamiltoniano. La Geometria Simplettica gioca inoltre un ruolo molto importante in Analisi Matematica, in particolare per quanto riguarda lo studio degli operatori integrali di Fourier e l'Analisi Semiclassica.

### Obiettivi del corso:

Lo scopo del corso è introdurre i concetti di base della Geometria Simplettica, a partire dagli aspetti locali per poi rivolgere l'attenzione alle proprietà più globali e, tempo permettendo, al tema della riduzione simplettica. Ci si propone in particolare di chiarire la natura geometrica di diversi concetti di grande importanza che vengono introdotti in vari contesti, quali mappa momento, funzioni generatrici, trasformazioni canoniche, equazione e teoria di Hamilton-Jacobi, eccetera.

### Conoscenze richieste:

Le nozioni di base sulle varietà differenziale, come introdotte per esempio nel corso di Geometria III. Verrà fatto comunque un breve riepilogo.

### Programma:

- Algebra lineare simplettica.
- Struttura simplettica di un fibrato cotangente, equazioni di Hamilton, parentesi di Poisson.
- Varietà simplettiche, loro sottovarietà notevoli e rispettivi intorni.
- Isotopie e teoremi di Darboux e di Moser.
- Funzioni generatrici, equazione di Hamilton-Jacobi, sua soluzione geometrica.
- Mappe momento e loro proprietà; riduzione simplettica.
- Strutture complesse e quasi-complesse compatibili, varietà di Kähler e varietà quasi-Kähler.
-



**Testi:**

V. Guillemin, S. Sternberg, Symplectic Techniques in Physics, Cambridge University Press

D. McDuff, D. Salamon, Introduction to Symplectic Topology, Clarendon Press, Oxford

**Lecture consigliate:**

V. Guillemin, S. Sternberg, Semiclassical Analysis, International Press

J. J. Duistermaat, Fourier Integral Operators, Birkhäuser

**Modalità d'esame:**

Scritto su esercizi e dimostrazione, con discussione dello stesso.

**Note:**

Viene offerta la possibilità di sostenere un parziale all'incirca a metà del corso e un secondo parziale subito dopo il termine del corso; i parziali saranno una combinazione di teoria e pratica. Chi supera entrambi i parziali ha completato l'esame.

## GEOMETRIA E FISICA (2017/2018)

Docente: Prof. Franco Magri  
Cfu: 8  
Settore disciplinare: MAT/07  
Anno: I  
Semestre: I  
Lezioni: 8 cfu

### Introduzione al corso:

Gli argomenti trattati nel corso sono:

1. l' elettromagnetismo di Maxwell
2. la teoria della gravitazione di Einstein
3. i buchi neri

Le equazioni di Maxwell sono state scritte da Maxwell nel 1867, nella forma di un sistema di equazioni differenziali vettoriali sui campi  $E$  e  $B$ . L'avvento della relatività ristretta e del punto di vista spaziotemporale ha permesso di comprendere la struttura profonda di queste equazioni e ne ha cambiato drasticamente la forma. Oggi le equazioni di Maxwell si scrivono nella forma abbreviata  $dF=0$   $dM=Q$ , ricorrendo ad un nuovo e più potente formalismo matematico. Scopo della prima parte del corso è di spiegare il significato dell'interpretazione moderna della teoria di Maxwell. Le equazioni del campo gravitazionale prodotto da un pianeta e le equazioni di moto di un satellite soggetto all'attrazione del pianeta sono state scritte da Einstein nel 1915. Il significato delle equazioni di Einstein è stato condensato da J.A. Wheeler nel seguente aforisma: “ Il pianeta dice allo spaziotempo come incurvarsi; lo spaziotempo dice al satellite come muoversi” . Questo aforisma sottolinea il punto centrale della teoria di Einstein, secondo cui il campo gravitazionale si manifesta come curvatura dello spaziotempo. Scopo della seconda parte del corso è presentare le equazioni di Einstein e dare un senso preciso all'aforisma di Wheeler. Uno dei fenomeni più sorprendenti previsto dalla teoria gravitazionale einsteiniana è il formarsi di “ buchi neri “, cioè di regioni dello spaziotempo delimitate da un “ orizzonte degli eventi” che impedisce ad ogni segnale di abbandonare il buco nero e di raggiungere un osservatore posto all' esterno dello stesso. Scopo della terza parte del corso è di presentare due particolari esempi di campi gravitazionali einsteiniani, la metrica di Schwarzschild e la metrica di Kerr, e di discutere la geometria del buco nero associato ad almeno uno di tali campi. Infine, tempo permettendo, il corso potrebbe concludersi con un cenno all'evoluzione più recente dell' idea centrale di Einstein, secondo cui le forze si manifestano come curvatura . Questa idea è il punto di partenza delle teorie di gauge, che rappresentano il tentativo moderno di unificare le interazioni fondamentali.

### Conoscenze richieste:

Sono richieste le conoscenze di base di geometria delle superfici immerse in uno spazio euclideo, di elettromagnetismo classico e di relatività ristretta. Alcune di queste nozioni saranno brevemente richiamate durante il corso.

### Programma:

1. Teoria di Maxwell: Le equazioni di Maxwell in forma classica; lo spaziotempo di Minkowski; forme differenziali sullo spaziotempo di Minkowski; 4-forza di Lorentz e 2-forma di Faraday; principio di conservazione della carica e 2-forma di Maxwell; forma intrinseca delle equazioni di Maxwell; il tensore energia-momento.
2. Connessioni e curvatura: Breve storia del concetto di curvatura e di trasporto parallelo; il concetto di connessione di Koszul, derivazione covariante e connessione metrica; il concetto di connessione di Cartan: 1-forma di connessione, 2-forma di curvatura, equazioni di struttura .
3. Gravitazione einsteiniana: Il principio di equivalenza, gravitazione come curvatura dello spaziotempo, equazioni di campo di Einstein, principio della geodetica; gli spaziotempo di Schwarzschild e di Kerr.
4. Buchi neri: Geometria dei cono-luce; singolarità apparenti ed orizzonti degli eventi; le singolarità della metrica di Schwarzschild; le coordinate di Eddington-Finkelstein e di Kruskal.
5. Teorie di Gauge: Connessione=potenziale, Curvatura=Forza, le equazioni di Yang-Mills.  
(Questa parte è opzionale e sarà trattata solo se il tempo a disposizione lo consentirà)

### Testi:

1. Gerard t' Hooft, Introduction to General Relativity
2. S. Sternberg, Curvature in Mathematical Physics, Dover, 2012
3. Note distribuite durante le lezioni.

**Modalità d'esame:**

Esame orale

**Modalità didattiche:**

Lezioni frontali ed esercitazioni

**Note:**

Le lezioni saranno a disposizione sulla pagina personale del docente

## **MATEMATICA ELEMENTARE (2017/2018)**

Docenti: Leonardo Colzani, Giancarlo Travaglini

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/05

Anno: I

Semestre: II

Lezioni: 8 cfu

### **Introduzione al corso:**

È un corso elementare di Teoria dei Numeri e Geometria.

### **Obiettivi del corso:**

Presentare un certo numero di risultati classici ed elementari relativi alla Teoria dei Numeri ed alla Geometria, con attenzione agli aspetti storici e didattici, e ai collegamenti con altri argomenti della Matematica.

### **Conoscenze richieste:**

La Matematica dei primi due anni della laurea triennale in Matematica.

### **Programma:**

#### **Prima parte**

Numeri primi, funzioni aritmetiche e punti interi.

Punti interi in poliedri, il problema delle monete di Frobenius.

Convessità e approssimazione diofantea.

Successioni uniformemente distribuite e numeri normali.

Integrali e somme di Riemann.

#### **Seconda parte**

Gli *Elementi* di Euclide.

Il quinto postulato e le geometrie non euclidee.

I *Fondamenti della Geometria* di Hilbert.

Costruzioni con riga e compasso.

Poliedri.

### **Testi:**

G. Travaglini, *Number Theory, Fourier Analysis and Geometric Discrepancy*, Cambridge University Press (2014).

Ulteriori appunti saranno forniti o indicati dai docenti.

### **Modalità d'esame:**

Esame orale

**Note:** sul sito web [www.matapp.unimib.it](http://www.matapp.unimib.it) nella pagina personale dei docenti è possibile trovare del materiale didattico, il curriculum vitae, il numero di telefono dello studio, la sede universitaria di lavoro, l'orario di ricevimento studenti e l'indirizzo e-mail.

## MECCANICA SUPERIORE (2017/2018)

Docente: Diego Noja

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT07 (Fisica Matematica)

Anno: I

Semestre: Secondo

Lezioni: 8

### Introduzione al corso:

Il corso costituisce una introduzione alla Meccanica Quantistica adeguata a studenti di Matematica di livello magistrale. L'aspirazione è quella di fornire una esposizione sintetica e matematicamente rigorosa degli elementi della Teoria Quantistica e di alcune delle sue più rilevanti conseguenze. A parte una breve introduzione storica, la trattazione sarà sistematica. Preliminarmente verrà anche discussa la struttura matematica e concettuale della Meccanica Classica.

### Obiettivi del corso:

Dare allo studente un primo orientamento alle idee e metodi della Meccanica Quantistica, e in particolare alla sua formulazione rigorosa. Verrà anche messo in evidenza il confronto con la Meccanica Classica

### Conoscenze richieste:

Si richiede esclusivamente familiarità con la Matematica appresa durante la laurea triennale.

### Programma:

Il vari punti del programma corrispondono alla suddivisione in argomenti, ma il tempo ad essi dedicato può essere molto differente. Gli argomenti segnati con un asterisco saranno svolti solo se il tempo a disposizione lo consentirà.

La struttura matematica della Meccanica Classica

I sistemi integrabili e il teorema di Arnold-Liouville

Sistemi a molti corpi e Meccanica Statistica Classica

La fenomenologia quantistica e la nascita della Meccanica Quantistica

Introduzione a stati, evoluzione ed osservabili. Il principio di Heisenberg

L'equazione di Schrödinger. Particella libera, oscillatore armonico, scattering e tunneling

L'equazione di Schrödinger. Atomo di idrogeno e potenziali radiali

Sommario di teoria degli operatori. Il problema della dinamica in Meccanica Quantistica

Struttura Matematica della Meccanica Quantistica. Assiomi e interpretazione

Confronto con la struttura matematica della Meccanica Classica

Simmetria e gruppi in Meccanica Quantistica: Momento angolare e spin

Stability of Matter in Quantum Mechanics\*

Problems of interpretation: Einstein-Podolski-Rosen paradox and Bell inequalities\*

### Testi:

Non vi è un unico testo di riferimento e di volta in volta verranno segnalate dal docente le fonti più pertinenti.

Basdevant J-L.: Lectures on Quantum Mechanics, Springer (2007)

Caldirola P.: Proserpi A.M., Cirelli, R.: Introduzione alla Fisica Teorica, Utet, (1982)

Dirac P.A.M.: Principles of Quantum Mechanics 4th revised ed. OUP (1982)

Faddeev, L.D.: Yakubovskiy O.A.: Lectures on Quantum Mechanics for Mathematics Students, Student Mathematical Library, AMS (2009)

Galindo A., Pascual P.: Quantum Mechanics I & II, TMP, Springer, (1990)

Hall, B.C.: Quantum Theory for Mathematicians, GTM, Springer (2013)

Hannabuss K.: An Introduction to Quantum Theory, OUP (1997)  
Onofri E. Destri C.: Istituzioni di Fisica Teorica, Carocci, (1996)  
Thaller B.: Visual Quantum Mechanics Springer (2000)  
Thaller B.: Advanced Visual Quantum Mechanics, Springer (2005)  
Thirring W.: Quantum Mathematical Physics, Springer 2nd Ed. (2001)

**Modalità d'esame:**

Esame orale

Docenti: Gregorio Falqui, Franco Magri  
Cfu: 8  
Settore disciplinare: MAT/07  
Anno: I  
Semestre: II  
Lezioni: 6 cfu  
Esercitazioni: 2 cfu

### **Introduzione al corso:**

Il corso è una concisa introduzione alle idee, ai principi generali, alle equazioni e ad alcuni problemi particolari dell'Elasticità, della Fluidodinamica e della Termodinamica. In altri termini, il corso è rivolto alla presentazione dei fondamenti della meccanica classica dei corpi deformabili, siano essi solidi, liquidi gas.

Il corso inizia con lo studio della deformazione e del moto di un corpo deformabile, mostrando la necessità di introdurre le nozioni di gradiente di deformazione e di gradiente di velocità. Quindi si passa allo studio delle azioni che si esercitano sui corpi deformabili. Il centro del discorso è la teoria di Cauchy degli sforzi, che porta all'equazione generale di moto, nota come equazione di Cauchy. A questo punto si è già in grado di trattare la dinamica dei fluidi non viscosi incomprimibili ed elastici, e di presentare le equazioni di Eulero e di Bernoulli. Queste equazioni permettono di trattare una vasta gamma di problemi pratici, che vanno dall'efflusso dell'acqua da una diga al problema della portanza di un'ala nella galleria del vento. Presa familiarità con i fluidi non viscosi, si torna al caso generale trattando le equazioni di bilancio della quantità di moto, del momento angolare e dell'energia. Si discutono poi le nozioni di energia interna e di entropia e si rivedono il primo ed il secondo principio della Termodinamica. Esaurito così lo studio dei principi generali, si passa alla caratterizzazione delle proprietà meccaniche e termiche dei solidi, dei liquidi e dei gas, mediante le equazioni costitutive e le equazioni di stato. Si considerano i modelli dei corpi solidi elastici e dei fluidi viscosi newtoniani, comprimibili ed incomprimibili. Per i diversi modelli si ricavano le equazioni di Navier, di Navier-Stokes e di Stokes. L'ultima parte del corso è dedicata ad una galleria di esempi ed applicazioni.

### **Conoscenze richieste:**

È richiesta una certa familiarità con i metodi del calcolo vettoriale nello spazio euclideo, con la formulazione classica dei teoremi di Gauss e di Stokes e con gli assiomi della meccanica newtoniana. Non sono richieste conoscenze preliminari di elasticità o fluidodinamica.

### **Programma:**

1. Geometria della deformazione: Corpo, spazio e configurazione. Gradiente di deformazione e tensore di dilatazione di Green-Cauchy. Teorema di decomposizione polare, allungamenti principali e rotazione locale.
2. Campo di velocità: Velocità in rappresentazione euleriana. Gradiente di velocità e tensore di vorticità. Trasporto convettivo.
3. Cauchy: Forze di contatto. Teoria di Cauchy degli sforzi, tensore degli sforzi ed equazione di moto di Cauchy.
4. Eulero e Bernoulli: Concetto di pressione. Fluidi ideali, equazione di Eulero, fluidi incomprimibili e fluidi elastici. Equazione caratteristica. Teoremi di Daniele Bernoulli. Prime applicazioni. Equazioni delle onde in mezzi comprimibili (suono) e in mezzi incomprimibili (onde marine)
5. Equazioni di bilancio: Equazioni di bilancio della quantità di moto, del momento angolare e dell'energia. Temperatura assoluta e disequazione entropica.
6. Modelli: Equazioni costitutive dei fluidi viscosi newtoniani e dei solidi elastici. Equazioni di stato. Equazione di Fourier. Equazioni di moto di Navier, Navier-Stokes e Stokes (corrispondenti ai singoli modelli).
7. Applicazioni: Una galleria di esempi ed applicazioni pratiche che possono andare dallo studio della distribuzione di pressione e temperatura nell'atmosfera, ai problemi di idrostatica, allo studio del moto dei liquidi scarsamente viscosi ed incomprimibili nelle condotte, al problema del flusso attorno ad un ostacolo.

**Testi:**

- P. Chadwick, Continuum Mechanics: Concise Theory and Applications, Dover
- M. Gurtin, E.Fried, L.Anand, The Mechanics and Thermodynamics of Continua, Cambridge University Press, 2010
- G. Falkovich, Fluid mechanics (a short course for physicists). Cambridge University Press, 2011.

**Modalità d'esame:**

Esame orale.

**Modalità didattiche:**

Lezioni frontali ed esercitazioni.

**Note:**

Le lezioni sono messe in rete sulla pagina personale del docente



## **METODI MATEMATICI PER LA FISICA MODERNA (2017/2018)**

Docente: Prof. Renzo Ricca

Cfu: 8

Settore Disciplinare: MAT/07

Anno: I

Semestre: II

Lezioni: 8 cfu

### **Obiettivi del corso:**

Acquisire le nozioni di base per un'approccio geometrico e topologico alla teoria elementare classica di campo, con particolare attenzione alla teoria della vorticità classica, della magnetoidrodinamica ideale e della superfluidità.

### **Conoscenze richieste:**

Elementi di Geometria Differenziale, elementi di Meccanica dei Sistemi Continui, Geometria e Fisica.

### **Programma:**

Il programma si articola su una prima parte di carattere generale e su una seconda parte dedicata ad argomenti specifici di carattere più avanzato.

I Parte: Flussi fluidi e diffeomorfismi, teorema della divergenza, teoremi di conservazione e invarianti fisici, equazioni di Eulero, equazione del trasporto della vorticità, leggi di conservazione di Helmholtz, equazioni di Navier-Stokes, analogie con la magnetoidrodinamica ideale, legge di Biot-Savart, legge di induzione localizzata (LIA).

II Parte: Trasformazione di Hasimoto, equazione non-lineare di Schrödinger, invarianti solitonici e loro interpretazione geometrica, nodi toroidali, equazione di Gross-Pitaevskii e interpretazione fluidodinamica, elicità, numero di legame, invarianti polinomiali di nodi, misure di complessità strutturale e relazioni con l'energia.

### **Testi:**

- Note del Docente.
- Estratti da: Ricca, R.L. (2009) *Lectures on Topological Fluid Mechanics*. Springer-CIME Lecture Notes in Mathematics 1973. Springer-Verlag. Heidelberg.

### **Modalità d'esame:**

Prova scritta.

## METODI MATEMATICI PER L'ANALISI ECONOMICA – CONTROLLO OTTIMO (2017/2018)

Docente: Prof. Andrea Calogero  
Cfu: 8  
Settore disciplinare: SECS-S/06  
Anno: I  
Semestre: I  
Lezioni: 8 cfu

### Introduzione al corso:

Problemi di controllo ottimo con il metodo variazionale: teoria e modelli economici. Problemi di controllo ottimo con la programmazione dinamica: teoria e modelli economici. Introduzione ai giochi differenziali.

### Obiettivi del corso:

Lo scopo del corso è quello di fornire gli strumenti essenziali per lo studio dell'ottimizzazione dinamica, di mostrare alcune classiche applicazioni economiche e alla teoria dei giochi differenziali.

### Conoscenze richieste:

Le conoscenze acquisite nei corsi della laurea triennale sono una base sufficiente.

### Programma:

#### 1. INTRODUZIONE AL CONTROLLO OTTIMO

##### a. Alcuni problemi introduttivi

In barca con Pontryagin, un modello di consumo ottimo, *"the lady in the lake"*.

##### b. Formulazione di un problema di controllo ottimo

Definizioni di controlli, dinamica, traiettorie, insieme di controllo. Controlli ammissibili. Importanza del caso della dinamica lineare.

#### 2. IL CONTROLLO OTTIMO CON METODO VARIAZIONALE

##### a. Il problema più semplice di controllo ottimo

Il teorema di Pontryagin (DIM nel caso di insieme di controllo  $U=R$ , DIM anche del lemma tecnico): commenti e conseguenze del principio del Massimo. Controllo estremale, moltiplicatore associato. Controllo normale e abnormale. Condizioni sufficienti di ottimalità: la condizione di Mangasarian (DIM). Funzioni concave, sopragradiente, sopragradiente di funzioni differenziabili, cenni al Teorema di Rockafellar. La condizione sufficiente di Arrow (DIM). Condizioni di transversalità per i problemi con punti iniziali/finali fissati. Sui problemi di minimo. Un esempio di controllo abnormale.

*A two sector model with investment and consumption goods. Modello di produzione e gestione del magazzino I.*

##### b. Il problema più semplice di calcolo delle variazioni

Il teorema di Eulero (DIM come caso particolare del teorema di Pontryagin). Condizioni di transversalità per i problemi con punti iniziali/finali fissati. Condizioni sufficienti per il problema più semplice usando concavità/convessità. *Curva di lunghezza minima.*

##### c. Controlli singolari e bang-bang

Definizioni di controlli bang-bang, istanti di commutazione e controlli singolari. *La costruzione di una strada di montagna a costo minimo.*

##### d. Problema più generali di controllo ottimo

Problemi di Mayer, di Bolza e Lagrange: loro equivalenza (DIM). Condizione necessaria per il problema di Bolza con tempo finale fisso o libero. Problemi di Bolza nel calcolo delle Variazioni: le condizioni necessarie e sufficienti. *Il modello di aggiustamento della domanda di lavoro (Hamermesh)*.

Problemi di time optimal: *in barca con Pontryagin*. Problemi di time optimal singolari: *the Dubin car*.

Problemi ad orizzonte infinito: controesempio di Halkin; condizione sufficiente (DIM). Hamiltoniana corrente e moltiplicatore corrente. *Modelli di crescita economica: preferenze, funzioni di utilità: un modello di consumo ottimo con utilità log*.

#### **e. Problemi di esistenza e controllabilità**

Esempi di classe di controlli vuota o di classe di controlli non vuota e senza controllo ottimo; controesempio di Bolza. Disuguaglianza di Gronwall. Teorema di esistenza del controllo ottimo per i problemi di Bolza: il caso con insieme di controllo chiuso e il caso con insieme controllo compatto.

### **3. CONTROLLO OTTIMO CON IL METODO DELLA PROGRAMMAZIONE DINAMICA**

#### **a. La funzione valore e le sue proprietà per il problema più semplice di controllo ottimo.**

Definizione della funzione valore. La condizione (necessaria) finale sulla funzione valore (DIM).

Il principio di ottimalità di Bellman (DIM). Le proprietà della funzione valore: l'equazione di Bellmann-Hamilton-Jacobi (DIM). L'Hamiltoniana della Programmazione Dinamica. Condizioni sufficienti di ottimalità (DIM). Sui problemi di minimo.

La funzione valore del problema a tempo finale fisso e valore finale libero, è Lipschitz (DIM). Definizione di soluzione viscosa; funzione valore come unica soluzione viscosa per equazione di Bellmann-Hamilton-Jacobi. *Soluzione del problema di strategia aziendale di produzione/vendita*.

#### **b. Problema più generali di controllo ottimo**

Condizioni necessarie e sufficienti per problemi di controllo ottimo più generali. *Modello di produzione e gestione del magazzino II*.

Problemi autonomi, ad orizzonte illimitato: la sua funzione valore corrente e la relativa equazione di BHJ. *Un modello di consumo ottimo con utilità HARA. Cenni al modello stocastico di Merton*.

#### **c. Legami tra i metodi variazionali e la Programmazione Dinamica**

Interpretazione del moltiplicatore come prezzo ombra (DIM).

### **4. GIOCHI DIFFERENZIALI**

#### **a. Nozioni introduttive**

Formulazione di un gioco differenziale a 2 giocatori. Giochi simmetrici, giochi completamente cooperativi, giochi a somma zero. Concetti di soluzioni: equilibrio di Nash, equilibrio di Stackelberg. Tipi di strategie: a ciclo aperto e feedback.

#### **b. Soluzioni di equilibrio di Nash**

\*Strategie open loop. Uso dell'approccio variazionale: condizioni necessarie e sufficienti per avere un equilibrio di Nash open-loop. *Il modello lavoratori-capitalisti di Lancaster. Due pescatori al lago I. A model on international pollution*.

\*Strategie feedback. Perché la tecnica variazione non è particolarmente utile. Definizione di funzione valore su un equilibrio di Nash feedback. Condizioni necessarie e sufficienti con l'uso della programmazione dinamica

per un equilibrio di Nash feedback. Le funzioni valore per problemi giochi differenziali Affini-Quadratici a due giocatori. La funzioni valore corrente per giochi a orizzonte infinito e scontati. *Un problema di produzione per due aziende in competizione. Due pescatori al lago II.*

### c. Soluzioni di equilibrio di Stackelberg

Giocatore leader e giocatore gregario, insieme di miglior risposta. Ricerca di soluzioni open-loop con l'approccio variazionale. *A model on International pollution with hierarchical relations.*

### d. Giochi a somma zero

Nash equilibrium controllo ottimo come punto di sella. Strategie non anticipative. Funzione valore superiore  $V^+$  inferiore  $V^-$ ;  $V^+ \geq V^-$ . Hamiltoniana della Programmazione Dinamica superiore  $H_{PD}^+$  e inferiore  $H_{PD}^-$ ;  $H_{PD}^+ \geq H_{PD}^-$  (DIM). Proprietà di  $V^+$  e  $V^-$ : Lipschitzianità, soluzioni viscosse per le rispettive equazioni di Isaacs.

Condizione di Isaacs (o di minimax condition) e Hamiltoniana della Programmazione Dinamica  $H_{PD}$ . Definizione di funzione valore  $V$ . Una dimostrazione geometrica che  $V$  soddisfa l'equazione di Isaacs (DIM). Equazioni di Isaacs per  $V$  e condizioni sufficienti con la PD per un equilibrio di Nash. Condizioni necessarie con approccio variazionale. *War of attrition and attack.*

### e. Giochi di cattura ed evasione

Giochi di cattura-evasione: formulazione, target set, exit time. La funzione valore e l'equazione di Isaacs per problemi autonomi (DIM). *Lady in the lake.*

### Testi:

- [BO] T. Başar, G.O. Olsder "Dynamic noncooperative game theory", SIAM Classic in Applied Mathematics, 1998
- [B] A. Bressan "Noncooperative differential games. A Tutorial", Milan Journal of Mathematics, vol 79, pag 357-427, 2011.
- [C1] A. Calogero "Notes on optimal control theory", disponibile gratuitamente in rete.
- [C2] A. Calogero "A very short tour on differential games", disponibile gratuitamente in rete.
- [C3] A. Calogero "Exercises of dynamic optimization", disponibile gratuitamente in rete.
- [E] L.C. Evans "An introduction to mathematical optimal control theory", disponibile gratuitamente in rete.

### Modalità d'esame:

Esame scritto e orale

### Note:

Sul sito web: [www.matapp.unimib.it](http://www.matapp.unimib.it) è possibile trovare le informazioni sul c.v. del docente, il numero di telefono dello studio, la sede universitaria o di lavoro, l'orario di ricevimento studenti e l'indirizzo e-mail.

## **METODI MATEMATICI PER L'ANALISI ECONOMICA – OTTIMIZZAZIONE E ANALISI CONVESSA (2017/2018)**

Docenti: Prof.ssa Rita Pini

Cfu: 8

Settore disciplinare: SECS-S/06

Anno: I

Semestre: II

Lezioni: 8 cfu

### **Introduzione al corso:**

Ottimizzazione finito-dimensionale, elementi di analisi convessa, teoria della dualità, introduzione alla teoria dei giochi.

### **Obiettivi del corso:**

Scopo del corso è quello di fornire gli strumenti essenziali per lo studio di problemi di ottimizzazione finito-dimensionali che derivano da applicazioni economiche.

### **Conoscenze richieste:**

Le conoscenze di base e i principali risultati di algebra lineare e analisi in ambito finito-dimensionale.

### **Programma:**

Introduzione ai problemi di ottimizzazione. Strumenti di calcolo di base in  $\mathbb{R}^n$ . Ottimizzazione libera. Principio variazionale di Ekeland. Teoremi dell'alternativa. Analisi convessa. Teoremi di separazione. Programmazione non lineare. Teoria della dualità e programmazione convessa. Giochi strategici. Equilibrio di Nash. Giochi a due a somma zero. Strategie miste in giochi finiti.

### **Testi:**

O. Güler, Foundations of Optimization, Springer (2010)

J. Gonzalez-Diaz, I. Garcia-Jurado, M. Gloria Fiestras-Janeiro, An Introductory Course on Mathematical Game Theory, American Mathematical Society (2010)

### **Modalità d'esame:**

Esame scritto

## METODI STOCASTICI PER LA FINANZA (2017/2018)

Docenti: Prof. Gianmario Tessitore  
Cfu: 8  
Settore disciplinare: MAT/06  
Anno: I  
Semestre: I  
Lezioni: 8 cfu

### Introduzione al corso:

Vengono presentati il moto Browniano e la teoria dell'integrazione stocastica, enfatizzando le applicazioni alle equazioni alle derivate parziali e al prezzaggio di derivati in mercati a tempo continuo.

### Conoscenze richieste:

Analisi, Probabilità, Teoria della misura, Processi Stocastici.

### Programma:

- Il moto browniano e i processi di Levy. La proprietà di Markov forte.
- Integrale stocastico. Formula di Ito. Teorema di Girsanov e rappresentazione delle martingale browniane.
- I processi di Markov e i loro generatori.
- Equazioni differenziali stocastiche, nozioni di esistenza e unicità delle soluzioni. Le soluzioni di equazioni stocastiche come processi di Markov.
- Equazione alle derivate parziali di Kolmogorov e Formula di Feynman-Kac.
- Moto browniano e problema di Dirichlet.
- Un modello di mercato finanziario Markoviano a tempo continuo: l'equazione di Black and Scholes.

### Testi:

J.-F. Le Gall, *Brownian Motion, Martingales, and Stochastic Calculus*, Springer (2016)

Dispense dei docenti

### Modalità d'esame:

Esame orale

### Note:

Sul sito web: [www.matapp.unimib.it](http://www.matapp.unimib.it) è possibile trovare le informazioni sul c.v. del docente, il numero di telefono dello studio, la sede universitaria o di lavoro, l'orario di ricevimento studenti e l'indirizzo e-mail.

## MODELLAZIONE GEOMETRICA E GRAFICA COMPUTAZIONALE (2017/2018)

Docente: Prof.ssa Lucia Romani

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/08

Anno: I

Semestre: I

Lezioni: 8 cfu

### Introduzione al corso:

Curve B-spline e superfici B-spline prodotto-tensoriale. Schemi di suddivisione per curve e superfici. Costruzione, analisi e studio delle proprietà.

### Obiettivi del corso:

Il corso vuole portare a conoscenza degli studenti quel settore della matematica applicata che si occupa della modellazione geometrica di oggetti tridimensionali e della loro visualizzazione sullo schermo.

### Conoscenze richieste:

Conoscenze di base acquisite nella Laurea Triennale in Matematica: elementi di algebra lineare e algebra dei polinomi; nozioni elementari di analisi matematica e geometria differenziale; elementi di programmazione in Matlab.

### Programma:

- La base delle B-spline, curve B-spline e superfici B-spline prodotto-tensoriale.
- Algoritmi per l'inserimento di uno o più nodi e per il raffinamento di curve e superfici B-spline.
- Equazione di raffinamento della base delle B-spline uniformi.
- Proprietà e limiti di rappresentazione delle superfici B-spline prodotto-tensoriale.
- Introduzione alla teoria della suddivisione e alla terminologia del settore.
- Classificazione degli schemi di suddivisione.
- La classe degli schemi di suddivisione lineari, uniformi, stazionari e le sue sottoclassi.
- Schemi di approssimazione vs schemi di interpolazione.
- Schemi univariati per la rappresentazione di curve: schemi B-spline vs schemi di Dubuc-Deslauriers. Loro varianti con parametro di forma.
- Schemi bivariati per la rappresentazione di superfici a partire da mesh quadrangolari e triangolari.
- Analisi di convergenza e regolarità di schemi di suddivisione univariati e bivariati: metodo matriciale vs approccio con i polinomi di Laurent.
- Stencils per la determinazione dei punti limite e della normale nei punti limite.
- Parametrizzazione di uno schema di suddivisione.
- Studio delle proprietà di generazione e riproduzione polinomiale. Ordine di approssimazione.

### Testi:

- L.-E. Andersson, N. F. Stewart: Introduction to the Mathematics of Subdivision Surfaces, SIAM, 2010.
- J. Warren, H. Weimer: Subdivision Methods for Geometric Design, Morgan Kaufmann, 2002.
- Tutorials on Multiresolution in Geometric Modelling, Part I, A. Iske, E. Quak, M. Floater (Eds.), Springer, 2002.
- D. Zorin, P. Schroeder: Subdivision for Modeling and Animation, SIGGRAPH 2000 Course Notes (<http://www.cs.nyu.edu/~dzorin/sig00course>)

### Modalità dell'esame:

L'esame consiste nella realizzazione e discussione di un progetto assegnato al termine del corso e in una prova orale sugli argomenti trattati a lezione.

## **PREPARAZIONE DI ESPERIENZE DIDATTICHE (2017/2018)**

Docente: Prof. Gianni Lucchini

Cfu: 8

Settore disciplinare: FIS/08

Anno: I

Semestre: I

Lezioni: 8 cfu

### **Introduzione al corso:**

Completare i temi di fisica generale studiati nei corsi introduttivi e dare uno sguardo ad alcuni argomenti che possono essere di stimolo nell'insegnamento della Fisica nelle scuole medie

### **Conoscenze richieste:**

Corsi di fisica generale: meccanica, termodinamica, elettromagnetismo

### **Programma:**

Ottica geometrica; gravitazione: orbite di sonde spaziali, punti lagrangiani; spettro del corpo nero; interazione radiazione-materia e proprietà ottiche dei materiali; visione a colori; introduzione all'analisi degli errori sperimentali; alcune semplici misure in laboratorio (misure elettriche, onde stazionarie, misura di "G" con bilancia di Cavendish, legge di Coulomb).

### **Testi:**

Vengono fornite fotocopie di appunti stesi dal docente.

### **Modalità d'esame:**

Esame orale

### **Modalità didattica:**

Lezioni frontali e laboratorio a piccoli gruppi (2-3 persone)



## **PROCESSI STOCASTICI (2017/2018)**

Docenti: Prof. Francesco Caravenna, Prof. Gianmario Tessitore

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/06

Anno: I

Semestre: II

Lezioni: 5 cfu

Esercitazioni: 3 cfu

### **Introduzione al corso:**

Vengono studiati i concetti fondamentali della teoria dei processi stocastici (soprattutto quelli a tempo discreto), con particolare enfasi su martingale e catene di Markov.

### **Conoscenze richieste:**

Analisi, Probabilità, Teoria della misura, cenni di Analisi funzionale.

### **Programma:**

- Legge e speranza condizionale.
- Martingale a tempo discreto, convergenza quasi certa. Uniforme integrabilità e convergenza in  $L_p$ . Disuguaglianza massimale e di Doob.
- Catene di Markov a tempo discreto. Misure invarianti e convergenza all'equilibrio. Legami con martingale e funzioni armoniche.
- Applicazioni: metodo Monte Carlo, problemi di arresto ottimale.
- Introduzione alle catene di Markov a tempo continuo. Semigrupperi e generatori differenziali.
- Il processo di Poisson.

### **Testi:**

D. Williams, Probability with Martingales, Cambridge University Press (1991).

Dispense dei docenti

### **Modalità d'esame:**

Esame scritto e orale

### **Note:**

Sul sito web: [www.matapp.unimib.it](http://www.matapp.unimib.it) è possibile trovare le informazioni sul c.v. del docente, il numero di telefono dello studio, la sede universitaria o di lavoro, l'orario di ricevimento studenti e l'indirizzo e-mail.

## STORIA DELLA MATEMATICA (2017/2018)

Docente: Prof. Leonardo Colzani

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/05

Semestre: I

Lezioni: 8 cfu

### Introduzione al corso:

Il corso è diviso in tre parti, due gestite autonomamente dallo studente ed una dal docente:

- (1) Lo studente deve leggere e studiare un testo di storia della matematica.
- (2) Lo studente, da solo o in gruppo, deve preparare una relazione scritta e tenere un seminario su una memoria originale concordata col docente.
- (3) Il docente si propone di presentare, con dimostrazioni, un certo numero di risultati classici ed elementari, e la genesi di alcune teorie incontrate nel corso di studi, con gli uomini dietro queste teorie.

Il corso di Storia della Matematica – Elementi non richiede la relazione scritta ed il seminario, ma vale la metà dei crediti, 4 invece di 8.

### Obiettivi del corso:

Presentare un certo numero di risultati classici ed elementari che uno studente curioso ha sempre voluto sapere ma non ha mai avuto il coraggio di chiedere.

### Conoscenze richieste:

Un certo interesse per la storia, e la matematica della laurea triennale. Le dimostrazioni di alcuni risultati richiedono un po' di analisi complessa, ma è un prerequisito colmabile durante il corso.

### Programma:

Quadratura di cerchio e iperbole. Calcolo numerico di  $\pi$  (Archimede, Huygens, Newton).

Numeri razionali e irrazionali, algebrici e trascendenti (Pitagora, Liouville, Cantor).

Irrazionalità e trascendenza di  $e$  (Eulero, Hermite), e  $\pi$  (Lambert, Lindemann).

Equazioni algebriche e teorema fondamentale dell'algebra (d'Alembert, Gauss).

Equazioni di primo, secondo, terzo e quarto grado (Tartaglia, Cardano, Ferrari).

Equazioni di quinto grado (Ruffini, Abel, Galois).

Numeri primi. Il teorema fondamentale dell'aritmetica (Euclide, Gauss).

Esistenza di infiniti primi (Euclide, Eulero). Primi in progressioni aritmetiche (Dirichlet).

Distribuzione dei numeri primi (Riemann, Hadamard, de la Vallée Poussin).

Crivelli di numeri primi (Eratostene, Brun, Schnirelmann, Selberg).

Se c'è tempo, qualche altro argomento concordato con la classe.

### Testi:

Un testo di storia della matematica:

C.Boyer “*Storia della Matematica*”, Oscar Mondadori.

M.Kline “*Storia del pensiero matematico*”, Einaudi.

Per gli argomenti trattati a lezione saranno disponibili delle note dettagliate. È comunque auspicabile che lo studente impari a servirsi autonomamente delle biblioteche cartacee e virtuali.

**Modalità d'esame:**

-Relazione scritta, seminario, ed esame orale.

-Il corso di Storia della Matematica – Elementi di 4 cfu è mutuato dal corso con 8 cfu, non prevede la relazione scritta ed il seminario e richiede solo l'esame orale.

Alcuni seminari tenuti dagli studenti

Archimede “*Sul cilindro e la sfera*”.

Pappo “*Mathematicae collectiones - Liber V*”.

Pappo e Pascal “*Mathematicae collectiones - Liber VII*” e “*Essay pour les coniques*”.

Ferrari e Tartaglia “*Cartelli di matematica disfida*”.

Huygens “*Horologium oscillatorium*”.

Newton “*Enumeratio linearum tertii ordinis*”.

Grandi “*Flores geometrici*”.

Eulero e Bernoulli “*De summis serierum reciprocarum*” e “*Inquisitio in summam series  $1/1+1/4+1/9+1/16+1/25+1/36+etc.$* ”.

Eulero “*De serierum determinatione*”.

Eulero “*De fractionibus continuis dissertatio*”.

Eulero “*Demonstratio theorematis Fermatiani omnen numerum primum formae  $4n+1$  esse summam duorum quadratorum*”.

Eulero “*Elementa doctrinae solidorum*”.

Eulero “*Solutio facilis problematum quorundam geometricorum difficillimorum*”.

Gauss “*Disquisitiones arithmeticae - Aequationibus circuli sectiones definientibus*”.

Cauchy “*Sur les polygones et les polyédres*”.

Abel “*Recherches sur la série  $1+mx/1+m(m-1)x^2/1\cdot 2+m(m-1)(m-2)x^3/1\cdot 2\cdot 3+...$* ”.

Dirichlet “*Über die Bestimmung der mittleren Werthe in der Zahlentheorie*”.

Lobačevskij “*Nuovi principi della geometria con una teoria completa delle parallele*”.

Chebyshev “*Sur la totalité des nombres premiers inférieurs à une limite donnée*”.

Riemann “*Fondamenti di una teorica generale delle funzioni di una variabile complessa*”.

Borel “*Les probabilités dénombrables et leurs applications arithmetiques*”.

**Note:**

Sul sito web [www.matapp.unimib.it](http://www.matapp.unimib.it) nella pagina personale del docente è possibile trovare del materiale didattico, il curriculum vitae, il numero di telefono dello studio, la sede universitaria di lavoro, l'orario di ricevimento studenti e l'indirizzo e-mail.

## STORIA DELLA MATEMATICA - ELEMENTI (2017/2018)

Docente: Prof. Leonardo Colzani

Cfu: 4

Settore disciplinare: MAT/05

Semestre: I

Lezioni: 4 cfu

### Introduzione al corso:

**I contenuti del corso di Storia della matematica-elementi sono gli stessi del corso di Storia della matematica, ma non è richiesto agli studenti di tenere un seminario.** In particolare: (1) Lo studente deve leggere e studiare un testo di storia della matematica. (2) Il docente si propone di presentare, con dimostrazioni, un certo numero di risultati classici ed elementari, e la genesi di alcune teorie incontrate nel corso di studi, con gli uomini dietro queste teorie.

### Conoscenze richieste:

Un certo interesse per la storia, e la matematica della laurea triennale. Le dimostrazioni di alcuni risultati richiedono un po' di analisi complessa, ma è un prerequisito colmabile durante il corso.

### Programma:

- Quadratura di cerchio e iperbole. Calcolo numerico di  $\pi$  greco (Archimede, Huygens, Newton).
- Numeri razionali e irrazionali, algebrici e trascendenti (Pitagora, Liouville, Cantor).
- Irrazionalità e trascendenza di  $e$  (Eulero, Hermite), e di  $\pi$  greco (Lambert, Lindemann).
- Equazioni algebriche e teorema fondamentale dell'algebra (d'Alembert, Gauss).
- Equazioni di primo, secondo, terzo e quarto grado (Tartaglia, Cardano, Ferrari).
- Equazioni di quinto grado (Ruffini, Abel, Galois).
- Numeri primi. Il teorema fondamentale dell'aritmetica (Euclide, Gauss).
- Esistenza di infiniti primi (Euclide, Eulero). Primi in progressioni aritmetiche (Dirichlet).
- Distribuzione dei numeri primi (Riemann, Hadamard, de la Vallée Poussin).
- Crivelli di numeri primi (Eratostene, Brun, Schnirelmann, Selberg).
- Se c'è tempo, qualche altro argomento concordato con la classe.

### Testi:

- C.Boyer "Storia della Matematica", Oscar Mondadori.
- M.Kline "Storia del pensiero matematico", Einaudi.
- Per gli argomenti trattati a lezione saranno disponibili delle note dettagliate. È comunque auspicabile che lo studente impari a servirsi autonomamente delle biblioteche cartacee e virtuali.

### Modalità d'esame:

Esame orale

### Note:

Sul sito web [www.matapp.unimib.it](http://www.matapp.unimib.it) nella pagina personale del docente è possibile trovare del materiale didattico, il curriculum vitae, il numero di telefono dello studio, la sede universitaria di lavoro, l'orario di ricevimento studenti e l'indirizzo e-mail.

## TEORIA DEI NUMERI E CRITTOGRAFIA (2017/2018)

Docente: Prof.ssa Francesca Dalla Volta

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/02

Anno: I

Semestre: II

Lezioni: 8 cfu

### Introduzione al corso:

Scopo del corso è quello di presentare alcune tematiche classiche di Teoria dei numeri, con applicazioni alla crittografia; in particolare saranno trattati alcuni sistemi crittografici a chiave pubblica.

### Conoscenze richieste:

Conoscenze di base sulle strutture algebriche, generalmente acquisite nei corsi di Algebra di un corso di Laurea di Primo Livello

### Programma:

- Richiami sui numeri interi e sui campi finiti, aritmetica modulare, funzione di Eulero; funzione di Möbius; teorema cinese del resto.
- Introduzione ai sistemi crittografici; chiave pubblica e chiave privata.
- Caratteri di Dirichlet. Numeri primi: cenni sul Teorema di Dirichlet e sul Teorema dei numeri primi.
- Cenni sulla funzione zeta; fattorizzazione di Eulero; ipotesi di Riemann e ipotesi di Riemann generalizzata.
- Primalità e fattorizzazione: conseguenze del Piccolo Teorema di Fermat; numeri pseudoprimi, alcuni test di primalità (Fermat, Jacobi, Miller-Rabin, AKS); metodo  $(p-1)$  di Pollard per la fattorizzazione.
- Ipotesi generalizzata di Riemann e ripercussioni sui test di primalità
- Crittosistema di Diffie ed Hellman. Il problema del logaritmo discreto.
- Curve ellittiche: equazione di Weierstrass, gruppo dei punti di una curva ellittica, curve ellittiche su campi finiti.
- Cenni su curve ellittiche e Ultimo Teorema di Fermat.
- Fattorizzazione con le curve ellittiche, test di primalità con le curve ellittiche.
- Crittosistemi basati sulle curve ellittiche.

### Testi:

- N. Koblitz, A course in Number Theory and Cryptography, volume 114 of Graduate texts in Mathematics, Springer-Verlag, second edition, 1994.
- Languasco, A. Zaccagnini, Introduzione alla Crittografia, Hoepli Editore, 2004.
- H.E. Rose, A course in Number Theory, II edizione, Oxford: Clarendon press, 1994
- Lawrence C. Washington, Elliptic Curves, Number Theory and Cryptography CRC Press

### Modalità d'esame:

Esame scritto e orale. Lo studente può scegliere di sostituire il tradizionale esame orale con un seminario in cui approfondisce una parte del programma.

## TEORIA DELLE RAPPRESENTAZIONI (2017/2018)

Docente: Prof. Lino G. Di Martino

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/02

Anno: I

Semestre: I

Lezioni: 8 cfu

### Introduzione al corso:

Il corso ha lo scopo di presentare i contenuti, i metodi fondamentali e alcune applicazioni della teoria 'classica' della rappresentazione dei gruppi finiti.

### Conoscenze richieste:

I contenuti standard di un corso annuale di algebra (Algebra I e Algebra II), e qualche conoscenza ulteriore di teoria dei campi.

### Programma:

Anelli e A-moduli semisemplici:

Richiami generali su anelli e A-moduli. Anelli e A-moduli artiniani e noetheriani. Anelli e A-moduli semisemplici. A-moduli semplici. Decomposizione di un A-modulo semisemplice in componenti isotipiche. Struttura degli anelli semisemplici. Teorema di Wedderburn. Proprietà del doppio centralizzante (DCP). Struttura degli anelli artiniani semplici.

Rappresentazioni e moduli:

L'algebra gruppale  $KG$  di un gruppo  $G$ .  $KG$ -moduli e rappresentazioni di  $G$ . Rappresentazioni completamente riducibili, teorema di Maschke. Rappresentazioni su splitting fields ( $KG$  semisemplice e split): struttura di  $KG$ .

Teorema di Frobenius-Schur. Esempi di rappresentazioni complesse di gruppi finiti.

Caratteri di un gruppo finito:

Definizioni generali e proprietà elementari dei caratteri di un gruppo  $G$ . Lo spazio  $CF(G)$  delle funzioni di classe.  $\text{Car } K = 0$  e  $K$  splitting per  $G$ : caratteri e moduli; tavola dei caratteri. Rappresentazione regolare, idempotenti ortogonali, prime relazioni di ortogonalità fra i caratteri. Caso semisemplice e split:  $\text{Irr}(G)$  è una base ortonormale di  $CF(G)$ ; seconde relazioni di ortogonalità fra i caratteri. Interi algebrici e caratteri; costanti di struttura del centro di  $KG$ . Il grado di un carattere irriducibile è un divisore dell'ordine di  $G$ . Applicazioni alla teoria dei gruppi: il  $p^a \cdot q^b$ -teorema di Burnside. Proprietà strutturali di un gruppo deducibili dalla tavola dei caratteri.

[Cenni alle rappresentazioni dei gruppi compatti.]

Prodotti tensoriali di rappresentazioni:

Generalità sui prodotti tensoriali di moduli. Prodotti tensoriali di rappresentazioni, prodotti di caratteri. L'anello dei caratteri virtuali. Teorema di Burnside-Brauer. Applicazioni al conteggio di involuzioni, teorema di Brauer-Fowler e sue conseguenze.

Rappresentazioni permutazionali e applicazioni:

Richiami sui gruppi di permutazioni. Azioni su classi di coniugio e caratteri. Lemma permutazionale di Brauer.

Caratteri reali.

Rappresentazioni di prodotti diretti:

Caratteri irriducibili di un prodotto diretto. Applicazione: teorema di Burnside sul grado di un carattere.

Induzione e restrizione di rappresentazioni:

Rappresentazioni indotte da sottogruppi. Caratteri indotti. Proprietà dell'induzione, legge di reciprocità di Frobenius e sue applicazioni. Restrizione di una rappresentazione a un sottogruppo normale: teoria di Clifford. Gruppo d'inerzia di una rappresentazione; corrispondenza di Clifford. Teorema di Ito.

### Testi:

C.W.Curtis and I. Reiner, Representation Theory of Finite Groups and Associative Algebras, Wiley Interscience 1962

C. W. Curtis and I. Reiner, Methods of Representation Theory I, Wiley 1981.

L. Dornhoff, Group Representation Theory, Marcel Dekker 1971.

B. Huppert, Character Theory of Finite Groups, de Gruyter 2011.

I.M. Isaacs, Character theory of finite groups, Academic Press 1976.

**Modalità d'esame:** Esame orale

## TEORIA GEOMETRICA DEI GRUPPI (2017/2018)

Docente: Prof. Thomas Stefan Weigel

Cfu: 8

Settore disciplinare: MAT/02

Anno: I

Semestre: I

Lezioni: 8 cfu

### Introduzione al corso:

Grafi e alberi, grafi di Cayley; gruppi liberi, prodotti liberi generalizzazioni; azioni di gruppi su alberi.

### Obiettivi del corso:

L'obiettivo del corso è introdurre i concetti necessari per formulare e studiare la teoria di Bass e Serre su gruppi che agiscono su alberi. Il primo passo sarà introdurre la definizione adeguata di un grafo che permette di formulare concetti geometrici come connettività, etc.

### Conoscenze richieste:

Algebra I, Geometria I.

### Programma:

Grafi, sentieri, connettività, alberi; azioni di gruppi su grafi, grafi di Cayley; gruppi liberi, prodotti liberi (amalgami), estensioni HNN; grafi quozienti, grafi di gruppi, il gruppo fondamentale di un grafo di gruppi, il teorema fondamentale per gruppi che agiscono su alberi.

### Testi:

J-P. Serre: Trees, Springer-Verlag, Berlin, 1980.

J. Meier: Groups, Graphs and Trees, London Mathematical Society, Student Texts, 73, CUP, 2008.

O. Bogopolski: Introduction to Group Theory, EMS Textbooks in Mathematics, 2008.

### Modalità d'esame:

Una presentazione (20 minuti) e un esame orale

### Note:

Sul sito web: [www.matapp.unimib.it](http://www.matapp.unimib.it) è possibile trovare le informazioni sul c.v. del docente, il numero di telefono dello studio, la sede universitaria o di lavoro, l'orario di ricevimento studenti e l'indirizzo e-mail.

Se nessuno dei partecipanti è contrario il corso sarà dato in inglese.

# Dottorato di ricerca

Il Dipartimento di Matematica e Applicazioni concorre, congiuntamente al Dipartimento di Matematica dell'Università di Pavia e all'INdAM, all'organizzazione di un Dottorato consortile di Ricerca in Matematica con sede amministrativa presso l'Università di Pavia (per il 1/10/2018 è prevista il cambio della sede amministrativa all'Università di Milano-Bicocca). Tale Dottorato ha durata triennale e costituisce il tradizionale percorso di avviamento alla ricerca. Prevede varie borse di studio. Il Corso di Dottorato in Matematica ha lo scopo di trasmettere ai dottorandi le tecniche e le metodologie di ricerca nei settori attuali della Matematica e delle sue applicazioni.

Per informazioni più specifiche si rimanda al sito web: <http://phdmat.unipv.eu/site/home.html>

## Tematiche di ricerca

- **Algebra** : teoria dei gruppi, teoria delle algebre di Lie e delle loro rappresentazioni (MILANO BICOCCA); teoria delle categorie (PAVIA). **Geometria** : geometria algebrica (PAVIA), geometria differenziale reale e complessa (MILANO BICOCCA e PAVIA), geometria симплектика (MILANO BICOCCA) e iperbolica (PAVIA).
- **Analisi matematica** : equazioni differenziali alle derivate parziali, problemi di controllo e ottimizzazione, analisi non lineare e funzionale (MILANO BICOCCA e PAVIA); analisi armonica e geometrica (MILANO BICOCCA); modelli e metodi variazionali, calcolo delle variazioni (PAVIA).
- **Analisi numerica e modellistica matematica** : studio di metodi numerici (elementi finiti, isogeometrici, virtuali) rivolti alla risoluzione di equazioni alle derivate parziali nell'ambito della meccanica dei solidi, fluidodinamica, interazione fluido-struttura, elettromagnetismo, e per applicazioni di ingegneria e biomatematica; disegno assistito al calcolatore, approssimazione di dati e funzioni, algebra lineare numerica (MILANO BICOCCA e PAVIA).
- **Fisica matematica** : materiali speciali, meccanica dei fluidi e teorie cinetiche (MILANO BICOCCA e PAVIA); teoria geometrica dei sistemi integrabili e sistemi dinamici (MILANO BICOCCA). **Probabilità e statistica** : statistica bayesiana, probabilità quantistica, convergenza di misure di probabilità, misure di probabilità finitamente additive (PAVIA); meccanica statistica (MILANO BICOCCA e PAVIA); matematica finanziaria, teoria del controllo stocastico (MILANO BICOCCA).

## Collegio Docenti

- Federico Bassetti – Professore Associato - MAT/06 - Probabilità e Statistica - Università degli studi di Pavia
- Laurenco Beirao da Veiga - Professore Ordinario-MAT/08 - Analisi Numerica - Università degli Studi di Milano Bicocca
- Silvia Bertoluzzi - Dirigente di ricerca -MAT/08 - Analisi Numerica - IMATI-CNR sede di Pavia
- Daniele Boffi - Professore Ordinario- MAT/08 - Analisi Numerica - Università degli studi di Pavia
- Francesco Bonsante - Professore Associato - MAT/03 – Geometria - Università degli studi di Pavia
- Francesco Caravenna - Professore Ordinario - MAT/06 -Probabilità e Statistica Matematica - Università degli Studi di Milano Bicocca
- Pierluigi Colli - Professore Ordinario -MAT/05 - Analisi Matematica e Applicazioni – Università degli studi di Pavia
- Rinaldo Mario Colombo - Professore Ordinario - MAT/05 Analisi Matematica - Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione - Università di Brescia
- Leonardo Colzani – Professore Ordinario – MAT/05 - Analisi Matematica - Università degli Studi di Milano Bicocca



- Diego Conti - Professore Associato (L. 240/10) -MAT/03 – Geometria - Università degli Studi di Milano Bicocca
- Marco Degiovanni - Professore Ordinario -MAT/05 - Analisi Matematica – Università Cattolica del Sacro Cuore
- Gregorio Falqui - Professore Ordinario (L. 240/10) -MAT/07 - Fisica Matematica - Università degli Studi di Milano Bicocca
- Veronica Felli - Professore Associato - MAT/05 - Analisi Matematica - Università degli Studi di Milano Bicocca
- Luigi Fontana – Ricercatore Confermato - MAT/05 - Analisi Matematica - Università degli Studi di Milano Bicocca
- Paola Frediani - Professore Associato - MAT/03 – Geometria - Università degli studi Pavia
- Mauro Garavello - Professore Associato - MAT/05 - Analisi Matematica - Università degli Studi di Milano Bicocca
- Ugo Pietro Gianazza - Professore Ordinario -MAT/05 - Analisi Matematica - Università degli studi Pavia
- Graziano Guerra - Professore Associato - MAT/05 - Analisi Matematica - Università degli studi Milano Bicocca
- Paolo Lorenzoni - Professore Associato - MAT/07 - Fisica Matematica - Università degli studi Milano Bicocca
- Luisa Donatella Marini - Professore Ordinario - MAT/08 - Analisi Numerica - Università degli studi di Pavia
- Annalisa Marzuoli - Professore Associato - MAT/07 - Fisica Matematica - Università degli studi di Pavia
- Federica Masiero - Professore Associato - MAT/06 - Probabilità e Statistica - Università degli studi Milano Bicocca
- Stefano Meda - Professore Ordinario -MAT/05 - Analisi Matematica - Università degli studi Milano Bicocca
- Costantino Medori – Professore Ordinario – MAT/03 – Geometria - Università degli studi di Parma
- Maria Giovanna Mora - Professore Associato - MAT/05 - Analisi Matematica - Università degli studi di Pavia
- Roberto Paoletti - Professore ordinario - MAT/03 – Geometria - Università degli studi Milano Bicocca
- Paola Luisa Pietra -Dirigente di ricerca -MAT/08 - Analisi Numerica - IMATI-CNR sede di Pavia
- Rita Pini - Professore Ordinario -SECS-S/06 -Metodi Mat. dell'Economia e d. Scienze Attuariali e Finanziarie - Università degli studi Milano Bicocca
- Gian Pietro Pirola - Professore Ordinario-MAT/03- Geometria - Università degli studi di Pavia
- Pietro Rigo - Professore Ordinario- MAT/06 - Probabilità e Statistica Matematica - Università degli studi di Pavia
- Elisabetta Rocca - Professore Associato - MAT/05 - Analisi Matematica - Università degli studi di Pavia
- Lucia Romani - Professore Associato (L. 240/10) -MAT/08 - Analisi Numerica - Università degli studi Milano Bicocca

- Fabrizio Ruggeri - Dirigente di ricerca - MAT/06 - Probabilità e Statistica Matematica - IMATI-CNR sede di Pavia
- Alessandro Russo - Professore Ordinario-MAT/08 - Analisi Numerica - Università degli Studi di Milano Bicocca
- Giancarlo Sangalli - Professore Ordinario - MAT/08 - Analisi Numerica - Università degli studi di Pavia
- Giuseppe Savaré - Professore Ordinario - MAT/05 - Analisi Matematica - Università degli studi di Pavia
- Giulio Fernando Schimperna - Professore Associato - MAT/05 - Analisi Matematica - Università degli studi di Pavia
- Simone Secchi - Professore Associato - MAT/05 - Analisi Matematica - Università degli studi Milano Bicocca
- Alberto Giulio Setti - Professore Ordinario - MAT/05 -Analisi Matematica - Università degli studi Insubria
- Gianmario Tessitore - Professore Ordinario-MAT/06 - Probabilità E Statistica Matematica - Università degli studi Milano Bicocca
- Adriano Tomassini - Professore Ordinario - MAT/03 – Geometria - Università degli studi di Parma
- Giuseppe Toscani -Professore Ordinario - MAT/07 - Fisica Matematica - Università degli studi di Pavia
- Alessandro Verra - Professore Ordinario - MAT/03 – Geometria – Università degli Studi di Roma Tre
- Thomas Stefan Weigel - Professore Ordinario -MAT/02 – Algebra - Università degli studi Milano Bicocca

# Formazione insegnanti

La Laurea Magistrale in Matematica (LM-40), ai sensi della normativa vigente, dà accesso alle seguenti Classi di Concorso a Cattedre per l'insegnamento nella scuola secondaria:

A-26 Matematica (ex 47/A), A-27 Matematica e Fisica (ex 49/A), A-28 Matematica e Scienze (ex 59/A), A-20 Fisica (ex 38/A), A-41 Scienze e Tecnologie Informatiche (ex 42/A), A-47 Scienze Matematiche Applicate (ex 48/A), oltre a Scienze e tecnologie (aero)nautiche.

Nel dipartimento è attivo un gruppo di lavoro per la didattica della matematica, che si occupa degli aspetti metodologici, didattici e tecnologici della matematica. Ogni anno, nell'offerta formativa del Corso di Studi e nella programmazione didattica si tiene conto dei continui sviluppi del ruolo dell'insegnante nella scuola secondaria, e degli aggiornamenti normativi sulle modalità di accesso alla professione di insegnante, in modo da permettere di raggiungere una preparazione adeguata sia dal punto di vista dei contenuti disciplinari, che negli aspetti più propriamente pedagogico-didattici.

Per quanto riguarda la matematica, negli anni scorsi (2012-2015) presso l'Università di Milano-Bicocca sono stati attivati, con il contributo del Dipartimento di Matematica e della Facoltà di Scienze della Formazione, percorsi di formazione per gli insegnanti (TFA e PAS) relativi alle Classi di Concorso A059 (Matematica e Scienze per la scuola secondaria di primo grado), A047 (Matematica), A049 (Matematica e Fisica). Per le analoghe iniziative dei prossimi anni, per informazioni più aggiornate, e per i requisiti curriculari dell'accesso alle Classi di Concorso a Cattedra, si prega di consultare la pagina web del corso laurea.

# Informazioni utili

## Valutazione della preparazione iniziale (VPI)

Gli studenti che si immatricolano ai Corsi di Laurea ad accesso libero, ovvero non a numero programmato, dovranno obbligatoriamente sostenere una prova di Valutazione della Preparazione Iniziale (VPI). Tale prova è adottata a livello nazionale dalle Scuole di Scienze e dai Dipartimenti di area scientifica e ha la funzione di verificare se la preparazione acquisita durante il percorso scolastico sia adeguata al corso di laurea prescelto, fornendo anche uno strumento di auto-valutazione per permettere agli studenti di migliorare la propria preparazione di base e di inserirsi nel percorso universitario. La prova non va confusa con le prove di ammissione ai Corsi di Laurea a Numero Programmato (NP) in quanto non ha funzione di selezionare gli accessi. L'esito della prova di Valutazione della Preparazione Iniziale non preclude in alcun caso la possibilità d'iscrizione degli studenti al corso di laurea. Tale prova infatti è finalizzata a favorire l'inserimento nel percorso didattico permettendo di organizzare specifiche attività di supporto da offrire agli studenti in ingresso per i quali si evidenziassero eventuali lacune. L'iscrizione al test avviene automaticamente ed è contestuale all'immatricolazione al corso di studio. Se tuttavia la prova non viene superata, viene assegnato allo studente un obbligo formativo aggiuntivo, che può prevedere opportune attività e ulteriori prove per certificare il superamento del debito formativo. Le date della prova e ulteriori informazioni sono pubblicate nella pagina web <http://www.scienze.unimib.it>.

### A cosa serve il VPI?

La prova serve a valutare se la preparazione acquisita dallo studente durante il percorso scolastico sia adeguata ai prerequisiti di base di tutti i Corsi di Laurea della Scuola di Scienze.

Ulteriori informazioni: <http://www.scienze.unimib.it/>.

## Attività didattiche di supporto

La scuola di scienze organizza ogni anno numerose attività di supporto alla didattica specificatamente dedicate alla matematica di base rivolte a tutti gli studenti in ingresso ai corsi di laurea di area scientifica, sia agli studenti dei corsi di studio ad accesso libero con prova di valutazione della preparazione di base obbligatoria, sia agli studenti dei corsi di laurea a numero programmato, che pur collocandosi in posizione utile in graduatoria, non abbiano superato la sezione di matematica di base, secondo le modalità definite nei bandi specifici, sia a coloro che sentissero la necessità di consolidare le proprie conoscenze nella matematica di base.

Tutte le attività rappresentano un utile strumento per :

- prepararsi alle prove di ingresso;
- recuperare in caso di mancato superamento della prova di valutazione della preparazione iniziale nei corsi ad accesso libero;
- recuperare in caso di mancato superamento della sezione di matematica di base nelle prove a numero programmato;
- prepararsi agli insegnamenti del primo anno (in particolare gli insegnamenti di area matematica).

**Aggiornamenti sulle date di svolgimento delle nuove edizioni e informazioni per il nuovo Anno Accademico**

saranno pubblicati nei mesi di giugno/luglio e settembre 2017 sul sito :<http://www.scienze.unimib.it/>

### Pre-corsi di matematica

La Scuola di Scienze organizza i Pre-Corsi di Matematica dal **18 settembre al 29 settembre 2017**. Si tratta di **corsi intensivi di Matematica di base fortemente consigliati a tutti gli studenti di area scientifica in ingresso**:

1. come preparazione agli insegnamenti di Matematica del I anno;
2. come utile ripasso della Matematica di base, per colmare eventuali lacune evidenziate dal mancato superamento della prova di valutazione della preparazione iniziale o della sezione di matematica di base nelle prove di ammissione ai Corsi di Laurea a numero programmato;
3. come preparazione per gli esami del primo anno, in particolare gli insegnamenti di area matematica. Il corso è ad accesso libero e gratuito. Non è necessaria l'iscrizione, ma per motivi organizzativi e didattici occorre attenersi ai calendari e alle suddivisioni per gruppi di studio che verranno pubblicati sulla pagina del sito della Scuola di Scienze: <http://www.scienze.unimib.it/>

### Metodologia dell'apprendimento

In collaborazione con la Fondazione RUI, la Scuola di Scienze offre agli studenti immatricolati ai corsi di studio di area scientifica un corso di **Metodologia dell'apprendimento**. Il corso, della durata di una settimana circa, si svolge **dal 25 al 28 settembre 2017** ed è finalizzato a rafforzare capacità e tecniche di studio, di programmazione e di preparazione agli esami. La partecipazione al corso è gratuita e **non necessita di iscrizione, occorre tuttavia attenersi alla suddivisione per gruppi di studenti che verrà pubblicata a settembre**. Informazioni circa i calendari, l'organizzazione e la suddivisione per gruppi di studenti saranno pubblicate sulla pagina del sito della Scuola di Scienze: <http://www.scienze.unimib.it/>

### Corso di richiami di matematica

Il corso, gestito dal Dipartimento di Matematica e Applicazioni, si svolge da metà ottobre 2017 a gennaio 2018 con la duplice finalità di fornire un aiuto nel campo specifico della matematica e di servire come cerniera di raccordo tra la metodologia di apprendimento liceale e quella a livello universitario. È rivolto sia agli studenti che non hanno superato le prove di ingresso (VPI o sezione di Matematica di base nelle prove a numero programmato) e che debbano colmare lacune nella Matematica di base, sia a coloro che sentissero la necessità di consolidare le basi matematiche acquisite nella scuola superiore. Il Corso prevede sia attività in e-learning sia lezioni in aula e un esame finale. È necessaria l'iscrizione.

Avvisi aggiornati verranno pubblicati sul sito della Scuola di Scienze: <http://www.scienze.unimib.it/>.

### Corso in e-learning di richiami di matematica – edizione estiva

Il corso, gestito dal Dipartimento di Matematica e Applicazioni, viene erogato nella sola modalità e-learning durante il periodo estivo. Si propone di richiamare alcuni degli argomenti principali del programma di matematica delle scuole superiori, anche in previsione delle prove di ingresso. L'assistenza on-line sarà disponibile a partire dalla metà di luglio fino al mese di settembre 2017. Gli studenti interessati si possono registrare e utilizzare il materiale didattico per esercitarsi collegandosi al sito: <http://matematica.elearning.unimib.it/>

### Materiale didattico on – line

Al seguente indirizzo <http://wims2.matapp.unimib.it/precorsi.php> è reperibile del materiale didattico on-line creato nell'ambito del Piano Nazionale Lauree Scientifiche. L'accesso al sito è libero per tutti gli utenti ma necessita di una registrazione.

## Accordi formativi con enti esterni

- In base ad un accordo con la SMI (Scuola Matematica Interuniversitaria) possono essere riconosciuti alcuni crediti formativi agli studenti che ne seguono i corsi estivi. Per informazioni consultare il sito [www.matapp.unimib.it/smi](http://www.matapp.unimib.it/smi)

## Incentivi economici per gli studenti di Matematica

Negli ultimi anni gli studenti iscritti a Matematica hanno avuto la possibilità di avere un incentivo economico in diverse forme:

- L'ateneo offre borse di studio agli studenti capaci e meritevoli. Sono inoltre disponibili premi di studio per attività di ricerca, tesi ed altre opportunità
- Il Consorzio Interuniversitario per il Diritto allo Studio – CIDiS (ex ISU) è un consorzio pubblico interuniversitario per il diritto allo studio. Offre un sistema integrato di interventi per favorire l'accesso agli studi universitari degli studenti meritevoli e privi di mezzi; tra gli interventi vi sono agevolazioni per gli alloggi e bandi per borse di studio.
- Assegnazione, mediante concorso, di una borsa di studio dell'IndAM (Istituto Nazionale di Alta Matematica, <http://www.altamatematica.it/it/bandi>)
- Incentivo economico per studenti meritevoli impegnati in attività di tutoraggio
- All'interno dell'Università è previsto che gli studenti possano collaborare dietro compenso ad attività connesse al buon funzionamento dell'Ateneo (collaborazioni studentesche 150 ore)
- Sostegno economico per mobilità all'estero nell'ambito del programma Socrates-Erasmus, si consulti per maggiori informazioni la pagina del sito d'Ateneo relativa al programma.

## Centro Matematita

Il Dipartimento di Matematica e Applicazioni è tra i promotori del Centro Matematita, un Centro Interuniversitario di Ricerca per la Comunicazione e l'Apprendimento Informale della Matematica, che ha la sua origine nelle esperienze di divulgazione della Matematica condotte negli ultimi anni dalle quattro Università di Milano, Milano-Bicocca, Pisa e Trento.

Il Centro Matematita ([www.matematita.it](http://www.matematita.it)) si propone di individuare contenuti e metodi adatti a questo tipo di comunicazione, indagando, ad esempio, quali siano i contenuti più adeguati, i contesti più efficaci, il ruolo del linguaggio, le possibilità offerte dagli strumenti multimediali, i rapporti con le altre discipline (dalle arti figurative alle altre scienze) o i rapporti fra Matematica applicata e tecnologia.

Fra le finalità del Centro Matematita c'è quindi quella di progettare, realizzare e diffondere prodotti di carattere divulgativo (mostre, libri, riviste, materiale multimediale) e studiare il loro impatto ai diversi livelli coinvolti.

## Biblioteca

La biblioteca di ateneo ha una struttura centralizzata ed è articolata in tre sedi (sede centrale, sede di Scienze e sede di Medicina); dispone di un ricco patrimonio documentario costituito da libri, riviste e risorse elettroniche.

- **Sede Centrale - edificio U6:** piazza dell'Ateneo Nuovo 1 - 20126 Milano
- **Sede di Scienze - edificio U2:** piazza della Scienza 3 - 20126 Milano
- **Sede di Medicina - edificio U8:** via Cadore 48 - 20052 Monza

### Giorni e orari di apertura

Apertura al pubblico della **Sede Centrale** della Biblioteca di Ateneo: da **lunedì a venerdì** con orario continuato dalle **9.00 alle 21.45**, il **sabato** dalle **9.00 alle 13.45**.

Apertura al pubblico della **Sede di Scienze** della Biblioteca di Ateneo: **da lunedì a venerdì** con orario continuato **dalle 9.00 alle 18.30**.

Solo per il **piano-I** della **Sede di Scienze** vengono osservati i seguenti giorni e orari di apertura: da **lunedì a venerdì** con orario continuato dalle **9.00 alle 16.00**.

Apertura al pubblico della **Sede di Medicina** della Biblioteca di Ateneo: **da lunedì a giovedì** con orario continuato **dalle 9.00 alle 19.30**, il **venerdì** con orario dalle **9.00 alle 18.30**.

La Biblioteca resta chiusa:

- durante il **periodo natalizio**;
- nel mese di **agosto**.

Nei periodi di chiusura solitamente vengono effettuate attività di controllo e di riordino del materiale documentario.

In caso di chiusura della Biblioteca o di sospensione dei servizi per qualunque motivo, ne viene dato tempestivo avviso in loco e sul sito web.

Maggiori informazioni sulla biblioteca al sito <http://www.biblio.unimib.it/>

## **Indirizzi utili**

Dipartimento di Matematica e Applicazioni  
Via Roberto Cozzi, 53 – 20126 Milano  
<http://www.matapp.unimib.it>

Direttore del Dipartimento:  
Prof. Gregorio Falqui, tel. 02-6448.5749, e-mail: [gregorio.falqui@unimib.it](mailto:gregorio.falqui@unimib.it)

Coordinatore dei Consigli di Corso di Laurea  
Prof.ssa Francesca Dalla Volta, tel. 02-6448.5760, e-mail: [francesca.dallavolta@unimib.it](mailto:francesca.dallavolta@unimib.it)

Responsabile del Dottorato di Ricerca in Matematica  
Prof. Thomas Weigel, tel. 02-6448.5739, e-mail: [thomas.weigel@unimib.it](mailto:thomas.weigel@unimib.it)

Responsabile per l'Orientamento  
Prof. Graziano Guerra, tel. 02-6448.5742, e-mail: [graziano.guerra@unimib.it](mailto:graziano.guerra@unimib.it)

Segreteria didattica  
Dott. Antonino Gennaro, e-mail: [segreteria-matematica@unimib.it](mailto:segreteria-matematica@unimib.it)