



**Informazioni**

**Segreteria didattica:** *Dott. Cristiano Di Meo*, tel. 06 72594685

**Coordinatore Corso di Laurea:** *Prof.ssa Carla Manni (referente provvisorio)*

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

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

Il Corso di Laurea in Metodi e Modelli per Data Science si inquadra nella Classe delle Lauree in “Scienze Matematiche” (Classe L-35 del DM 16 marzo 2007). Il Corso afferisce al Dipartimento di Matematica e si svolge nella macroarea di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali. I Dipartimenti di Economia e Finanza, Fisica ed Ingegneria dell’Impresa “Mario Lucertini”, sono associati nella costituzione del Corso di studio.

Il corso di studio punta ad integrare un’ampia preparazione di base nei settori della Matematica e dell’Informatica più rilevanti per lo studio, la gestione e l’analisi dei dati (per brevità Data Science), con una formazione fortemente interdisciplinare nella quale gli studenti possano acquisire familiarità in alcuni degli ambiti applicativi in cui la Data Science ha già mostrato la sua grande rilevanza, quali ad esempio l’Ingegneria, l’Informatica e la Finanza. Le metodologie che vengono introdotte non sono considerate dal punto di vista meramente applicativo, ma ci si pone l’obiettivo di comprenderne in profondità i fondamenti matematici e la logica di sviluppo, per formare laureati che siano in grado di innovare le procedure esistenti sia dal punto di vista teorico sia in funzione del loro specifico utilizzo.

**Indice**

<b>Presentazione del corso</b>	<b>2</b>
Sbocchi lavorativi . . . . .	3
<b>Ordinamento degli studi</b>	<b>3</b>
Piano di studio . . . . .	3
Calendario 2023/2024 . . . . .	7
Docenti tutor . . . . .	7
Esami . . . . .	8
Valutazione . . . . .	8
Piani di studio . . . . .	8
Prova finale . . . . .	8
<b>Programmi dei corsi (1°Anno: didattica erogata)</b>	<b>9</b>
Algebra e Geometria . . . . .	9
Analisi Matematica I . . . . .	11
Analisi Matematica II . . . . .	11
Basi di Dati . . . . .	12
Fisica e Analisi Dati . . . . .	12
Fondamenti di Programmazione e Laboratorio Calcolo I . . . . .	13
Probabilità I . . . . .	14
<b>Didattica programmata</b>	<b>14</b>

## Presentazione del corso

L'obiettivo del corso di studio è quello di formare laureati con competenze fortemente spendibili sul mercato del lavoro, ma contemporaneamente con conoscenze che permettano ulteriori studi specialistici in tutti i campi in cui la Data Science sta mostrando la sua efficacia.

Il corso è erogato in modalità convenzionale. La durata normale del corso è stabilita in 3 anni. Per conseguire la laurea lo studente deve aver acquisito 180 crediti, comprensivi di quelli relativi alla conoscenza obbligatoria, oltre che della lingua italiana, della lingua inglese.

### Per le matricole

Verifica delle conoscenze. Gli studenti interessati ad immatricolarsi al Corso di laurea in Metodi e Modelli per Data Science devono sostenere una “**prova di valutazione**” per la verifica delle conoscenze, secondo quanto prevede la normativa. Tale prova (che nel seguito chiameremo anche “**test**”) consiste in domande a risposta multipla su argomenti di base di matematica e viene effettuata online mediante apposito form contestualmente alla procedura di immatricolazione.

Qualora la verifica non fosse positiva, come previsto dalla legge devono essere assegnati degli obblighi formativi aggiuntivi da assolvere entro il primo anno. Per il corso di laurea in Metodi e Modelli per Data Science, tali obblighi richiedono il superamento di un esame del primo anno di corso tra quelli riferiti ai settori “MAT” prima di poter sostenere ulteriori esami.

Sono esonerati dalla prova di verifica delle conoscenze gli studenti che hanno superato l'esame di stato conclusivo del corso di studio di istruzione secondaria superiore, con un voto pari o superiore a 95/100 (o 57/60). Tutti gli studenti che si immatricolano per la prima volta nell'Università di Roma “Tor Vergata”, ad un corso di studio in cui il titolo di accesso è il diploma di maturità, e abbiano conseguito (presso una scuola italiana) una votazione pari a 100/100 (o 60/60) o siano risultati vincitori delle Olimpiadi Nazionali di Matematica saranno esonerati dal pagamento del contributo universitario per il primo anno e dovranno pagare soltanto l'imposta di bollo e la tassa regionale. Tutti gli studenti che sono vincitori di una medaglia olimpica vengono esonerati dal pagamento delle tasse universitarie per tutto il corso di studio e devono pagare soltanto l'imposta di bollo e la tassa regionale.

**IMPORTANTE:** Gli studenti esonerati dall'obbligo di sostenere il test per la votazione conseguita all'esame di stato dovranno attivare, preliminarmente, la procedura di registrazione sul sito dei Servizi on-line dell'Ateneo come indicato nell'articolo specifico dell'Avviso. Verranno eseguiti, dal personale della Segreteria Studenti dell'Area Scienze, controlli a campione sulla veridicità delle dichiarazioni rese, e se necessario verranno poste in essere le procedure previste dalla normativa vigente in caso di dichiarazione mendace.

Gli studenti che desiderino ripassare alcuni argomenti o colmare alcune lacune possono seguire un **corso intensivo di Matematica di base**, detto **Matematica 0**, che si terrà dall'11 al 29 settembre 2023.

Informazioni. Per informazioni sulla didattica lo studente si può rivolgere alla segreteria del Corso di Laurea, Dott. Cristiano Di Meo, [dimeo@mat.uniroma2.it](mailto:dimeo@mat.uniroma2.it), tel. 06 72594685, presso il Dipartimento di Matematica. Le informazioni sono comunque riportate nel sito del corso di Laurea. Ulteriori informazioni si possono anche ottenere per posta elettronica all'indirizzo [dida@mat.uniroma2.it](mailto:dida@mat.uniroma2.it).

Gli studenti acquisiranno nell'ambito dei corsi di base le conoscenze e competenze necessarie nei seguenti argomenti, svolti in insegnamenti fondamentali: Algebra Lineare e Calcolo Matriciale, Calcolo Differenziale e Integrale per funzioni di una e più variabili reali, Probabilità, Equazioni Differenziali Ordinarie, Statistica, Informatica e Tecniche di Programmazione, Gestione di Database, Fisica. A questi corsi si aggiungono un insieme di esami caratterizzanti che coprono ulteriori sviluppi nell'ambito dell'Analisi, della Probabilità e della Statistica nonché Analisi Numerica, Ottimizzazione, Calcolo

Matriciale anche da un punto di vista computazionale, Algoritmi e Strutture Dati, Machine Learning. L'insieme di questi corsi è in grado di fornire basi estremamente solide per tutti gli aspetti della Data Science. I corsi affini permettono di acquisire competenze nell'ambito della Programmazione Avanzata e Parallela. Fra essi è presente un esame introduttivo all'Analisi Economica, considerando che l'esposizione a questo ambito applicativo può senz'altro accrescere notevolmente l'attrattiva degli studenti per il mondo del lavoro. Sono presenti quindi una grande varietà di corsi per crediti formativi affini e integrativi, con l'opportunità per gli studenti sia di approfondire ulteriori aspetti metodologici relativi all'Intelligenza Artificiale, al Machine Learning, alla Statistica e Probabilità ed ai Metodi Numerici, sia di conoscere sin dal percorso formativo triennale ulteriori ambiti applicativi, in particolare tra le Scienze Fisiche o la Finanza. Una larga parte dei corsi, ed in particolare tutti quelli relativi alla Programmazione, sono ampiamente supportati da attività laboratoriale. Il percorso formativo si conclude con la prova finale, per la preparazione della quale si fornisce un'apposita assistenza didattica. Questa prova non risulta particolarmente onerosa in termini di crediti formativi e può riguardare sia l'approfondimento di aspetti teorici già incontrati durante i corsi, sia lo sviluppo di applicazioni, anche in collaborazione con le imprese con il quale il corso di laurea è in contatto. Ogni insegnamento prevede esercitazioni ed una verifica finale che avviene, di norma, attraverso la valutazione di un elaborato scritto e/o un colloquio orale. In tutto il percorso formativo sono previste attività tutoriali e seminariali mirate, in particolare, ad affinare la capacità di risolvere problemi, a sviluppare autonomia di giudizio e abilità comunicative.

### **Sbocchi lavorativi**

La richiesta di laureati in Metodi e Modelli per Data Science al momento sembra fortissima in ambiti anche molto diversi tra loro. Tra le attività professionali che i laureati di questo corso saranno in grado di svolgere, menzioniamo le seguenti:

- aziende ad alta tecnologia nei settori dell'Information and Communication Technology;
- aziende ad alta tecnologia in ambito fisico ed ingegneristico che svolgano attività legate ai Big Data ed all'Intelligenza Artificiale, ad esempio nel settore energetico;
- consulenza industriale;
- consulenza scientifica in tutti i campi della ricerca pura e applicata che richiedono la gestione di grandi moli di dati;
- anche e compagnie d'assicurazione per consulenza in ambito finanziario ed assicurativo nel settore pubblico e nel settore privato;
- consulenza in ambito Medico e Biologico, incluse le aziende di ricerca farmaceutica e biotecnologica, nella misura in cui esse utilizzino tecniche di Machine Learning ed Intelligenza Artificiale.

Oltre al diretto ingresso nel mondo del lavoro, il laureato in Metodi e Modelli per Data Science potrà proseguire gli studi nelle Lauree Magistrali, o più in generale in studi di secondo livello, di ambito matematico, statistico, informatico ma anche di ambiti applicativi specifici ove la solida preparazione matematica e statistica e la robusta competenza informatica risultano rilevanti.

### **Ordinamento degli studi**

Sul sito web del Corso di Laurea si trova il Regolamento che con i suoi articoli disciplina e specifica gli aspetti organizzativi del Corso di Laurea.

### **Piano di studio**

Il Corso di Laurea in Metodi e modelli per Data Science prevede un unico curriculum nell'ambito del quale è definito un insieme di moduli didattici obbligatori ed un ampio spazio per le scelte autonome degli studenti.

Nelle tabelle successive la sigla CFU indica i crediti formativi universitari. Ogni CFU vale, convenzionalmente, 25 ore di lavoro (comprendendo le ore di lezione, di esercitazione e il lavoro individuale).

Per i nostri insegnamenti, 1 CFU corrisponde al lavoro necessario per seguire e comprendere 8/10 ore di lezione. Come indicato nel seguito (vedi la descrizione della prova finale), alla fine del corso di studi la media viene calcolata pesando i voti con il numero di CFU del corso a cui si riferiscono. In altre parole, i corsi con molti CFU richiedono più lavoro, ma un buon voto in uno di essi conta di più alla fine. Per potersi laureare lo studente dovrà maturare almeno 180 CFU.

### Schema del piano di studio

1° ANNO: Tot. 57 CFU / 7 esami				
Insegnamento	CFU	Semestre	Settore	Tipo
Algebra e Geometria	6	1	MAT/02	A
Analisi Matematica I	9	1	MAT/05	A
Basi di Dati	9	1/2	INF/01	A
Fondamenti di Programmazione e Laboratorio Calcolo I	9	1	INF/01	A
Analisi Matematica II	6	2	MAT/05	B
Fisica e Analisi Dati	9	2	FIS/01	A
Probabilità I	9	2	MAT/06	A

2° ANNO: Tot. 60 CFU / 7 esami				
Insegnamento	CFU	Semestre	Settore	Tipo
Algebra lineare e model order reduction	6	1	MAT/03	B
Algoritmi e strutture dati	9	1/2	INF/01	B
Analisi numerica e ottimizzazione numerica	9	1	MAT/08	B
Statistica I	9	1	MAT/06	A
Analisi economica	9	2	SECS-P/01	C
Fondamenti di Programmazione e Laboratorio Calcolo II	9	1/2	INF/01	A
Probabilità e Statistica II	9	2	MAT/06	B

3° ANNO: Tot. 63 CFU / 6-8 esami+ una prova di idoneità+ prova finale				
Insegnamento	CFU	Semestre	Settore	Tipo
Algoritmi e Strutture Dati per Big Data	9	1	INF/01	C
Introduzione all'Intelligenza Artificiale e Machine Learning con laboratorio	9	1	INF/01	A
Inglese	4	1	L-LIN/12	
Esami a scelta nel gruppo opzionale	18	-	-	-
Attività a scelta dello studente	18	-	-	-
Prova finale	5	-	-	-

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

#### NOTE

Il gruppo opzionale è composto dagli insegnamenti classificati come opzionali nella tabella 3° ANNO della **didattica programmata**

L'esame di **Inglese** può anche essere anticipato al primo anno

## Didattica erogata: elenco degli insegnamenti attivati nell'A.A. 2023/24

1° ANNO				
Insegnamento	CFU	Semestre	Settore	Obbl/Opz
Algebra e Geometria	6	1	MAT/02	obbligatorio
Analisi Matematica I	9	1	MAT/05	obbligatorio
Basi di Dati	9	1/2	INF/01	obbligatorio
Fondamenti di Programmazione e Laboratorio Calcolo I	9	1	INF/01	obbligatorio
Analisi Matematica II	6	2	MAT/05	obbligatorio
Fisica e Analisi Dati	9	2	FIS/01	obbligatorio
Probabilità I	9	2	MAT/06	obbligatorio

### Modalità di erogazione della didattica

La didattica si svolge in **presenza e la frequenza è fortemente consigliata**. Come supporto alla didattica, per la larga maggioranza degli insegnamenti, i docenti sono disponibili ad utilizzare le classi virtuali Teams per scambio di materiale, contatti con gli studenti, ricevimento e altro. Inoltre, alcuni docenti sono anche disponibili, su motivata richiesta degli studenti e subordinatamente alla disponibilità di strumenti adeguati ed efficienti, ad effettuare streaming e/o registrazione delle lezioni. Si ribadisce tuttavia che **lo streaming e/o la registrazione delle lezioni possono essere intesi unicamente come supporto collaterale alla didattica svolta in aula e non possono in alcun modo essere considerati come sostituto sistematico per essa**.

**Didattica programmata: insegnamenti per gli studenti che si immatricolano nell'A.A. 2023/24**

<b>1° ANNO</b>				
<b>Insegnamento</b>	<b>CFU</b>	<b>Semestre</b>	<b>Settore</b>	<b>Obbl/Opz</b>
Algebra e Geometria	6	1	MAT/02	obbligatorio
Analisi Matematica I	9	1	MAT/05	obbligatorio
Basi di Dati	9	1/2	INF/01	obbligatorio
Fondamenti di Programmazione e Laboratorio Calcolo I	9	1	INF/01	obbligatorio
Analisi Matematica II	6	2	MAT/05	obbligatorio
Fisica e Analisi Dati	9	2	FIS/01	obbligatorio
Probabilità I	9	2	MAT/06	obbligatorio

<b>2° ANNO</b>				
<b>Insegnamento</b>	<b>CFU</b>	<b>Semestre</b>	<b>Settore</b>	<b>Obbl/Opz</b>
Algebra lineare e model order reduction	6	1	MAT/03	obbligatorio
Analisi numerica e ottimizzazione numerica	9	1	MAT/08	obbligatorio
Statistica I	9	1	MAT/06	obbligatorio
Algoritmi e strutture dati	9	1/2	INF/01	obbligatorio
Analisi economica	9	2	SECS-P/01	obbligatorio
Fondamenti di Programmazione e Laboratorio Calcolo II	9	1/2	INF/01	obbligatorio
Probabilità e Statistica II	9	2	MAT/06	obbligatorio

3° ANNO				
Insegnamento	CFU	Semestre	Settore	Obbl/Opz
Algoritmi e Strutture Dati per Big Data	9	1	INF/01	obbligatorio
Introduzione all'Intelligenza Artificiale e Machine Learning con laboratorio	9	1	INF/01	obbligatorio
Inglese	4	1	L-LIN/12	obbligatorio
Analisi di serie temporali	6	1	SECS-S/03	opzionale
Econometria (Inferenza Causale)	6	1	SECS-P/05	opzionale
Informational Retrieval	6	1	INF/01	opzionale
Meccanica Statistica e Teoria dell'Informazione	9	1	FIS/02	opzionale
Metodi di approssimazione per Big Data	9	1	MAT/08	opzionale
Metodi Matematici per la Finanza	9	1	SECS-S/06	opzionale
Metodi Matematici per l'ottimizzazione	9	1	MAT/05	opzionale
Statistical and Quantum Physics	9	1	FIS/02	opzionale
Advanced Data Stewardship	6	2	INF/01	opzionale
Data visualization and Medical Imaging	9	2	MAT/08	opzionale
Grafi e Complex Networks 1+ Grafi e complex Networks 2	6+3	2	MAT/08	opzionale
Introduzione ai Processi Stocastici	9	2	MAT/06	opzionale
Machine Learning	9	2	INF/01	opzionale
Processi Cognitivi e Intelligenza artificiale	6	2	M-FIL/02	opzionale
Sistemi Dinamici ed Intelligenza Artificiale	9	2	FIS/02	opzionale
Topological Data Analysis	9	2	MAT/03	opzionale

## Calendario 2023/2024

I corsi hanno generalmente durata semestrale. I corsi del primo semestre si terranno dal 2 ottobre 2023 al 19 gennaio 2024, quelli del secondo semestre dal 4 marzo 2024 al 7 giugno 2024. I corsi del primo semestre del primo anno inizieranno il 25 settembre.

Frequentare le lezioni è considerata una strategia efficace per un percorso formativo di qualità. Permette di conoscere più a fondo gli argomenti trattati e favorisce occasioni di scambio e relazione con i docenti e con i compagni di corso. La vicinanza e il confronto con gli altri consentono, infatti, di reperire informazioni mancanti, correggere i propri errori. Ci si rende conto che non si è soli a sperimentare delle difficoltà e si ha la possibilità di mettere in comune le proprie conoscenze. Partecipare attivamente alla vita universitaria significa anche cogliere le altre opportunità offerte dall'Ateneo: convegni, seminari, giornate di studio, assemblee studentesche, eventi di divulgazione, ecc. aperti agli studenti.

## Docenti tutor

Ad ogni studente immatricolato viene assegnato un docente tutor che potrà essere consultato per consigli e suggerimenti generali in merito all'andamento delle attività di studio. Al terzo anno ogni studente ha la possibilità di sostituire il tutor assegnatogli con un diverso docente che lo possa guidare nella scelta dei corsi opzionali a seconda delle proprie inclinazioni. Tutti i docenti dei corsi hanno

un orario di ricevimento settimanale per eventuali chiarimenti da parte degli studenti sulla materia insegnata. Il contatto con i professori universitari è improntato su modalità differenti rispetto alla scuola: lo studente dovrà farsi avanti in prima persona se occorre un chiarimento o un consiglio. Se se ne avverte la necessità ci sono sempre tempi e luoghi di contatto sia a lezione sia negli orari di ricevimento. Sul sito web del Corso di Studio, nella sezione tutoring, si potrà consultare l'elenco studenti – docenti tutor.

## **Esami**

Gli insegnamenti del primo semestre prevedono due appelli di esame nella sessione estiva anticipata (febbraio), due appelli nella sessione estiva (giugno-luglio) e due appelli in quella autunnale (settembre). I corsi del secondo semestre prevedono due appelli d'esame nella sessione estiva, due in quella autunnale e due in quella invernale (febbraio). Il calendario degli esami è pubblicato nella sezione apposita del sito web del Corso di Studio. Lo studio universitario ha caratteristiche differenti da quello delle superiori. Le insicurezze collegate alla preparazione personale si attenuano notevolmente dopo aver sostenuto con successo i primi esami. Tuttavia nessun metodo di studio può garantire buoni risultati senza che lo studente ci dedichi tempo e impegno. Si può rendere l'apprendimento più organico, duraturo e appagante, ma nessun sistema può produrre risultati istantanei e senza sforzo.

## **Valutazione**

Il punteggio della prova d'esame, ove presente, è attribuito mediante un voto espresso in trentesimi. La prova di esame sarà valutata secondo i seguenti criteri: Non idoneo: importanti carenze e/o inaccuratezza nella conoscenza e comprensione degli argomenti; limitate capacità di analisi e sintesi.

- 18-20: conoscenza e comprensione degli argomenti appena sufficiente con possibili imperfezioni; capacità di analisi sintesi e autonomia di giudizio sufficienti.
- 21-23: conoscenza e comprensione degli argomenti routinaria; capacità di analisi e sintesi corrette con argomentazione logica coerente.
- 24-26: discreta conoscenza e comprensione degli argomenti; buone capacità di analisi e sintesi con argomentazioni espresse in modo rigoroso.
- 27-29: conoscenza e comprensione degli argomenti completa; notevoli capacità di analisi, sintesi. Buona autonomia di giudizio.
- 30-30L: ottimo livello di conoscenza e comprensione degli argomenti. Notevoli capacità di analisi e di sintesi e di autonomia di giudizio. Argomentazioni espresse in modo originale.

## **Piani di studio**

Entro il mese di novembre, gli studenti iscritti al terzo anno devono presentare al Coordinatore del Corso di Laurea un piano di studio, in cui indicano le proprie scelte relativamente alla parte opzionale del corso di studi. Il Coordinatore del Corso di Laurea sottopone i piani di studio all'approvazione del Consiglio del Dipartimento di Matematica. Gli studenti possono eventualmente apportare modifiche al piano di studio. In tal caso, devono sottoporre un nuovo piano di studio e richiederne l'approvazione.

Si ricorda che lo schema di piano di studio riportato sul sito consente di accumulare i crediti necessari per laurearsi con non più di 20 verifiche di profitto (ovvero 19 esami più la parte delle attività a scelta del piano di studio) come previsto dal DM 270/04.

## **Prova finale**

La prova finale per il conseguimento della Laurea in Metodi e Modelli per Data Science richiede la preparazione e redazione di una tesi, frutto di un lavoro del laureando svolto sotto la guida di un relatore e una dissertazione conclusiva.



La tesi, che può essere redatta anche in lingua inglese, previo consenso del relatore e approvazione del Coordinatore, viene discussa e valutata nella seduta di laurea.

In relazione ad obiettivi specifici, e nel quadro di convenzioni che lo prevedano esplicitamente, lo svolgimento della tesi può essere effettuato mediante tirocini formativi presso aziende, strutture della pubblica amministrazione ed enti esterni, oltre che nell'ambito di soggiorni di studio presso altre università italiane ed estere, anche nel quadro di accordi internazionali. Le sedute di laurea si svolgono di norma in cinque appelli annuali, nell'arco di tre sessioni (estiva, autunnale, invernale). La Commissione esprime un voto in centodecimi, con eventuale lode decisa all'unanimità. Per la formazione del voto di laurea, la commissione calcola, anzitutto, la media dei voti, valutati in trentesimi e pesati secondo i crediti, delle attività formative che prevedono valutazione di profitto. Il punteggio derivante da tale media, convertito in centodecimi, può essere incrementato di al più 7 punti per la tesi, la relativa discussione e la carriera didattica dello studente.

## Programmi dei corsi (1° Anno: didattica erogata)


Per ogni insegnamento si veda anche la voce didattica erogata della sezione apposita del sito web del Corso di Studio.

### ALGEBRA E GEOMETRIA

1° anno – 1° semestre

6 CFU – settore MAT/02 – 60 ore di lezione in aula

**Docente:** N. Kowalzig


 **Programma:** Vettori in  $\mathbb{R}^n$ , somma di vettori e prodotto per scalare. Prodotto scalare, distanza. Eliminazione di Gauss, matrici a scala. Soluzione di un sistema lineare. Matrici e sistemi lineari. Spazi vettoriali, sottospazi vettoriali. Combinazioni lineari, basi, dimensioni, coordinate. Esistenza delle basi. Somma diretta e formula di Grassmann. Equazioni parametriche e cartesiane. Applicazioni lineari e matrici associate. Nucleo, immagine, teorema della dimensione. Matrici invertibili, matrice inversa con l'algoritmo di Gauss simultaneo. Matrice di cambiamento di base. Determinante, teorema di Binet, formula di Cramer. Inversa col metodo dell'aggiunta. Rango, teorema di Rouché-Capelli. Caratterizzazioni equivalenti delle matrici invertibili. Basi ortogonali e ortonormali, procedimento di Gram-Schmidt. Proiezioni ortogonali, ortogonale di un sottospazio. Matrici ortogonali. Autovalori e autovettori, diagonalizzazione.

**Obiettivi di apprendimento:** L'insegnamento si propone di fornire le nozioni di base dell'algebra lineare nonché geometria analitica.

**Testi consigliati:**

M. Abate e C. de Fabritiis: *Geometria Analitica con elementi di Algebra Lineare*, McGraw-Hill, 2015

**Modalità di esame:** Esame scritto: risoluzione autonoma di esercizi. Esame orale: esposizione rigorosa di argomenti del corso.

 **Program:** Vectors in  $\mathbb{R}^n$ , sum of vectors and scalar multiplication. Scalar product, distance, Gauss elimination, matrices in echelon form. Solution of a linear system. Matrices and linear systems. Vector spaces, vector subspaces. Linear combination, basis, dimension, coordinates. Existence of a basis. Direct sum and Grassmann formula. Parametric and cartesian equations. Linear maps and associated matrices. Kernel, Image, rank-nullity theorem. Invertible matrices, inverse matrix with Gaussian elimination. Change of basis matrix. Determinant, Binet theorem, Cramer formula. Inverse matrix with the adjoint matrix. Rank, Rouché-Capelli theorem. Equivalent characterizations of invertible matrices. Orthogonal and orthonormal bases, Gram-Schmidt method. Orthogonal projections, orthogonal of a subspace. Orthogonal matrices. Eigenvalues and eigenvectors, diagonalization.

**Learning objectives:** The course aims to provide the basic notions of linear algebra as well as analytic geometry.

**Text books:**

M. Abate e C. de Fabritiis: *Geometria Analitica con elementi di Algebra Lineare*, McGraw-Hill, 2015

**Exam mode:** Written part: independent solution of exercises. Oral part: rigorous exposition of some topics of the course.

---

## ANALISI MATEMATICA I

1° anno – 1° semestre

9 CFU – settore MAT/05 – 90 ore di lezione in aula – ulteriori ore di tutorato

Docente: D. Bartolucci

- **Programma:** Numeri naturali, interi e razionali, numeri reali: proprietà e costruzione a partire dai numeri naturali. Estremo superiore ed estremo inferiore. Numeri complessi. Concetto di funzione. Funzioni monotone. Funzioni invertibili. Funzione inversa. Logaritmo. Insiemi aperti e chiusi e loro proprietà. Definizione di successione. Successioni monotone. Limiti di funzioni di successioni. Massimo e minimo limite. Insiemi compatti. Numero di Nepero: “e”. Infiniti e infinitesimi. Limiti notevoli. Funzioni continue. Punti di discontinuità. Asintoti verticali, orizzontali ed obliqui. Serie numeriche e loro convergenza. Continuità della funzione composta e della funzione inversa. Proprietà delle funzioni continue ed invertibili sugli intervalli e sui compatti. Teorema di esistenza degli zeri. Metodo di bisezione e teorema di Weierstrass sui massimi e minimi delle funzioni continue sui compatti. Derivata di una funzione. Derivata della funzione composta e della funzione inversa. Teoremi di Rolle, Lagrange, Cauchy, Hospital. Studio del grafico di funzioni reali di variabile reale; funzioni convesse; Formula di Taylor e sue applicazioni. Funzioni primitive; integrali indefiniti, finiti e impropri; teorema fondamentale del calcolo; integrali per sostituzione e per parti; calcolo di aree; criteri di integrabilità; criterio di confronto fra serie ed integrali impropri.

**Testi consigliati:**

M. Bertsch, R. Dal Passo, L. Giacomelli: *Analisi Matematica*, McGraw Hill

**Modalità di esame:** Vengono somministrati 2 test intermedi, sia a scopo di orientamento sia di accertamento del profitto. L'esame finale avviene attraverso una prova scritta ed una orale.

- 🇬🇧 **Program:** Natural numbers, integers, rational and real numbers: properties and construction starting with natural numbers: least upper bound and greater lower bound. Complex numbers. Functions. Monotonic functions. Invertible functions and their inverse. Exponential and logarithm. Open and closed sets and their properties. Sequences. Limits of functions and of sequences. Upper and lower limit. Compact sets. The Napier number: "e". Infinite and infinitesimal quantities. Examples of limits. Continuous functions. Classification of discontinuities. Vertical, horizontal and oblique asymptots. Continuity of composition and of inverse. Properties of continuous invertible functions defined on intervals or on compact sets. Existence of zeroes of continuous functions. The bisection method and Weierstrass theorem for extreme points of continuous functions on compacta. The derivative. Derivative of composite and inverse functions. Theorems of Rolle, Lagrange, Cauchy and Hospital. Analysis of the graph of a function. Convex functions. Taylor expansion (polynomials and series). The antiderivative. Indefinite integrals, proper and improper. The fundamental theorem of calculus. Integration by parts. Integration by substitution. Computing areas.

**Learning objectives:** Full and complete understanding of the course's topics. The students must be able to solve problems and to present all statements and proofs in full detail, and have a clear understanding of why the assumptions are needed. This understanding must be acquired in depth, with the capability of applying the contents to the contents of related courses.

**Text books:**

M. Bertsch, R. Dal Passo, L. Giacomelli: *Analisi Matematica*, McGraw Hill

**Exam mode:** During the course the students take 2 intermediate tests, both for the purpose of bringing to evidence the parts of the syllabus that they don't understand in full and for evaluation. The final exam is based upon a written test and a colloquium.

---

## ANALISI MATEMATICA II

1° anno – 2° semestre

6 CFU – settore MAT/05 – 60 ore di lezione in aula

Docente: C. Liverani


- **Programma:** Limiti e calcolo differenziale per funzioni di più variabili reali. Minimi di funzioni. Funzioni definite implicitamente. Integrali curvilinei e forme differenziali. Integrali multipli.
- Obiettivi di apprendimento:** Impadronirsi degli strumenti di calcolo per funzioni di più di una variabile.

**Testi consigliati:**

M. F. Atiyah, I.G. MacDonald: *Introduction to Commutative Algebra*, Addison Wesley 1969

E. Riehl: *Category Theory in Context*, Courier Dover Publications, 2017.

**Modalità di esame:** Prova scritta con esercizi. Orale con domande su esercizi e questioni teoriche.

 **Program:** Limits and differential calculus for functions of several real variables. Function minima. Implicitly defined functions. Curvilinear integrals and differential forms. Multiple integrals.

**Learning objectives:** Mastering Calculus for functions of more than one variable.

**Text books:**

M. Bertsch, R. Dal Passo, L. Giacomelli: *Analisi Matematica*, McGraw Hill

**Exam mode:** Written test with exercises. Oral exam with questions on exercises and theoretical questions.


---

**BASI DI DATI**

1° anno – 1/2° semestre

9 CFU – settore INF/01 – 90 ore di lezione in aula – ulteriori ore di tutorato

**Docente:** P. Vocca

 **Programma:** Introduzione -Modelli Relazionali - Algebra Relazionale - Calcolo Relazionale - Flusso di progetto di un DB - Modello Concettuale dei Dati - Schema logico di un DB - Entity-relationship Schema - Schema fisico di un DB - Forme Normali - Query language e MySQL - DML - SQL - Organizzazione Fisica dei Dati -Ottimizzazione degli indici - Normalizzazione vs Denormalizzazione - Ottimizzazione delle Query - MySQL e ottimizzazione - Transazioni - Protocolli Two Phases Locking, Timestamp,MVCC - MySQL e Storage Engine - Active Databases - Trigger e Stored Procedure - Cursor, Trigger e Stored Procedure in MySQL - GIS - Distributed Architectures - Protocollo Two Phases Commit - Data Warehouse - Data Mining - Evoluzione dei Database - Basi di dati NoSQL- MongoDB- CRUD operations Simulazione Progetto.


**Obiettivi di apprendimento:** conoscere i modelli di basi di dati. progettare e utilizzare una base di dati.Aspetti transazionali e basi di dati NoSQL

**Testi consigliati:**

Atzeni,Ceri,Fraternali,Paraboschi,Torlone: *Basi di dati -Modelli e Linguaggi di interrogazione*, McGraw-Hill 4nd edition

Elmasri,Navathe: *Sistemi di basi di dati, Fondamenti e complementi*, Pearson 7a edizione

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

 **Program:** Introduction -Relational Model - Relational Algebra - Relational Calculus - Project flow chart - Data conceptual Model - Logical Design of DB - Entity-relationship Schema - DB Physical Design - Normal Forms - Query language and MySQL - DML - SQL - Data Physical organization -Index Optimization - Normalization vs Denormalization - Query Optimization - MySQL e optimization - Transactions - Two Phases Locking, Timestamp,MVCC - MySQL and Storage Engine - Active Databases - Trigger and Stored Procedure - Cursor, Trigger and Stored Procedure in MySQL - GIS - Distributed Architectures - Two Phases Commit - Data Warehouse - Data Mining- Database Evolution - NoSQL Databases - MongoDB - CRUD operations - Project Simulation .

**Learning objectives:** Learn database models. design and use a database.Transactional aspects and NoSQL databases.

**Text books:**

Atzeni,Ceri,Fraternali,Paraboschi,Torlone: *Basi di dati -Modelli e Linguaggi di interrogazione*, McGraw-Hill 4nd edition

Elmasri,Navathe: *Sistemi di basi di dati, Fondamenti e complementi*, Pearson 7a edizione

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

---

**FISICA E ANALISI DATI**

1° anno – 2° semestre

9 CFU – settore FIS/01 – 90 ore di lezione in aula – ulteriori ore di tutorato

**Docente: G. Nigro**

**Programma:** Classi e funzioni definite dall'utente in Python. Classe di regressione lineare. Analisi e manipolazione di base di dati. Dataframe. Numpy. Pandas. Visualizzazione di Dati. Manipolazione di matrici e dati. Manipolazione dei frame di dati. Metriche di distanza e matrici di distanza. Distribuzioni usando Scipy. Elementi di Calcolo vettoriale. Le unità di misura. Cinematica: posizione, spostamento, velocità e accelerazione di un punto materiale. Dinamica: Leggi di Newton. Lavoro ed energia cinetica. Energia potenziale. Conservazione dell'energia meccanica. Sistemi di punti materiali e corpo rigido. Quantità di moto. Urti. Rotazione e variabili angolari. Momento di inerzia, momento torcente, e momento angolare. Termodinamica. Temperatura. Quantità di calore. Trasformazioni reversibili e irreversibili. Il primo e secondo principio della termodinamica. L'entropia. Eletticità e magnetismo. Forza di Coulomb. Campo elettrico. Legge di Gauss. Corrente elettrica. Legge di Ohm ed effetto Joule. Campo Magnetico. Forza di Lorentz. Legge di Laplace, di Biot-Savart, di Ampère e legge di Faraday.

**Obiettivi di apprendimento:** Il corso ha lo scopo di introdurre lo studente ai concetti fondamentali della Fisica classica ed alle sue applicazioni elementari, fornendo le basi necessarie per l'interpretazione dei principali processi fisici e per l'analisi dei dati derivanti da esperimenti di laboratorio di base. Gli studenti impareranno inoltre la programmazione di base per analizzare e gestire dati.

**Testi consigliati:**

R. Knight: *Physics for Scientists and Engineers: A Strategic Approach with Modern Physics*, Global Edition

**Modalità di esame:** Prova scritta, prova orale.

**Program:** Python Functionality. Classes and User-Defined Functions. Linear Regression Class. Basic Analysis and Manipulation. Dataframe. Pandas. Numpy. Visualizing Data using Seaborn. Matrix and Data Manipulation. Distance Metrics and Matrices. Distributions using Scipy. Elements of Vector Calculations. Kinematics: vector position, displacement, velocity, and acceleration. Dynamics: Newton's laws. Work and kinetic energy. Potential energy. Mechanical energy conservation. Kinematics and Dynamics of particles. Collisions. Rigid body: rotation and angular variables. Moment of inertia. Torque and angular momentum. Thermodynamics. Temperature and heat. Reversible and irreversible transformations. The principles of thermodynamics. Entropy. Electricity and magnetism. Coulomb force. Electric field. Gauss law. Electric current. Ohm's Law and Joule's effect. Magnetic field. Lorentz's force. Laplace's law. Biot-Savart's law. Ampere's law and Faraday's law.

**Learning objectives:** The course aims to introduce the students to the fundamental concepts of classical physics and its elementary applications, providing the bases for possible further courses of the master's degree. The students will also learn to understand Python and perform data analysis and manipulation.

**Text books:**

R. Knight: *Physics for Scientists and Engineers: A Strategic Approach with Modern Physics*, Global Edition

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

---

## FONDAMENTI DI PROGRAMMAZIONE E LABORATORIO CALCOLO I

1° anno – 1° semestre

9 CFU – settore INF/01 – 90 ore di lezione in aula

**Docente: G. Rossi**


**Programma:** Verranno trattati i seguenti temi: risoluzione automatica dei problemi; algoritmi e programmi; modelli di calcolo; linguaggi di programmazione; tipi di linguaggi, struttura di un programma; tipi di dati semplici e strutturati; variabili; strutture di controllo; puntatori; funzioni; ricorsione; operazioni di input/output; strutture di dati elementari. Introduzione al linguaggio di programmazione Python. Algoritmi elementari di ricerca e ordinamento.

**Obiettivi di apprendimento:** Scopo del corso è quello di introdurre agli studenti il concetto di problema computazionale e di risoluzione automatica, mettendoli in grado di comprendere ed analizzare la struttura di un problema, individuare metodi di risoluzione alternativi, raffrontarli dal punto di vista dell'efficienza, implementarli mediante un opportuno linguaggio di programmazione e valutarne la correttezza.

**Testi consigliati:**

J. V. Guttag: *Introduzione alla programmazione con Python*, EGEA, 2021

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

 **Program:** It will be treated the following topics: automatic resolution of problems; algorithms and programs; computational models; programming languages; types of programming languages; compilation and interpretation; imperative languages. the structure of a program; simple and structured data types; variables; control structures; pointers; functions; recursion; input / output; elementary data structures. Introduction to the Python programming language. Elementary algorithms of searching and sorting.

**Learning objectives:** The aim of the course is to introduce students to the concept of computational problem and automated problem solving, enabling them to better understand and analyze the structure of a problem, identify alternative methods of resolution, compare them from the point of view of computational efficiency, implement them by a suitable programming language and evaluate its correctness.

**Text books:**

J. V. Guttag: *Introduzione alla programmazione con Python*, EGEA, 2021

**Exam mode:** Written and oral exam. Laboratory test.


---

## PROBABILITÀ I

1° anno – 2° semestre

9 CFU – settore MAT/06 – 90 ore di lezione in aula – ulteriori ore di tutorato

**Docente:** B. Pacchiarotti


 **Programma:** Introduzione e generalità. Spazi di probabilità, assiomi fondamentali, probabilità condizionata, indipendenza, formula di Bayes. Variabili aleatorie: valore atteso, varianza, densità discreta, funzione di ripartizione. Variabili aleatorie discrete: Bernoulli, Binomiale, Poisson, ipergeometrica, geometrica, binomiale negativa. Variabili aleatorie continue: funzione di densità. Variabile aleatoria uniforme, esponenziale, Gamma, Gaussiana. Disuguaglianze fondamentali. Convergenza e teoremi limite: legge dei grandi numeri e teorema del limite centrale. Cenni alle catene di Markov. Simulazione e metodi Monte Carlo.

**Obiettivi di apprendimento:** Illustrare i concetti di base del calcolo delle probabilità e i principali metodi di simulazione.

**Testi consigliati:**

P. Baldi: *Calcolo delle probabilità e Statistica, seconda edizione*, McGraw-Hill

**Modalità di esame:** Le conoscenze degli studenti saranno verificate attraverso una prova scritta strutturata in esercizi, che verteranno sugli argomenti trattati nel corso e in una prova orale per testare la comprensione di alcuni concetti basilari.

 **Program:** Introduction and generalities. Probability spaces, fundamental axioms, conditional probability, independence, Bayes formula. Random variables: expected value, variance, discrete density, distribution function. Discrete random variables: Bernoulli, Binomial, Poisson, hypergeometric, geometric, negative binomial. Continuous random variables: density function. Uniform random variable, exponential, Gamma, Gaussian. Fundamental inequalities. Convergence and limit theorems: law of large numbers and central limit theorem. Introduction to Markov chains. Simulation and Monte Carlo methods.

**Learning objectives:** To illustrate the basic concepts of probability calculation and the main simulation methods.

**Text books:**

P. Baldi: *Calcolo delle probabilità e Statistica, seconda edizione*, McGraw-Hill

**Exam mode:** The students' knowledge will be verified through a written test structured in exercises, which will focus on the topics covered in the course and in an oral exam to test the understanding of some basic concepts.

---

## Didattica programmata

Per informazioni sugli insegnamenti previsti per il 2° e 3° anno (didattica programmata) si veda la sezione apposita del sito web del Corso di Studio.