



# CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA MATEMATICA

COLLEGIO DI INGEGNERIA MATEMATICA

2023-2024

## Sommario

---

Sommario.....	2
Introduzione .....	3
Modelli Matematici e Simulazioni Numeriche: percorso istituzionale.....	4
Modelli Matematici e Simulazioni Numeriche: possibili piani di studio individuali .....	5
<b>Simulazione model driven e physically informed machine learning</b> .....	6
<b>Matematica industriale</b> .....	7
<b>Modellistica matematica</b> .....	8
<b>Socio-Bio-matematica</b> .....	9
Statistica e Ottimizzazione su Dati e Reti: percorso istituzionale.....	10
Statistica e Ottimizzazione su Dati e Reti: possibili piani di studio individuali .....	11
<b>Mathematical Data Analysis</b> (doppia laurea) .....	12
<b>Matematica per le decisioni in condizioni di incertezza</b> .....	13
<b>Crittografia e sicurezza</b> .....	14

## Introduzione

---

Il corso di Laurea magistrale in Ingegneria Matematica si propone di legare la Matematica alle Applicazioni.

Studiare Ingegneria Matematica significa:

- scoprire quali equazioni regolano la realtà che ci circonda e applicarle per risolvere problemi concreti in vari contesti;
- scoprire quali sono gli strumenti di calcolo alla base delle scienze moderne;
- imparare a raccogliere efficacemente e analizzare grandi moli di dati;
- acquisire conoscenze in diversi contesti applicativi in cui la matematica e la statistica rivestono un ruolo fondamentale per lo sviluppo (le diverse ingegnerie tradizionali, l'ambito biomedico, quello finanziario, economico e assicurativo e molto altro);
- scoprire le frontiere dello sviluppo della conoscenza (come l'Intelligenza Artificiale)

L'offerta prevede due percorsi principali: "Modelli Matematici e Simulazioni Numeriche" e "Statistica e Ottimizzazione su Dati e Reti". I due percorsi principali prevedono due esami a scelta. In aggiunta ai crediti liberi nelle pagine seguenti vi proponiamo alcuni piani carriera in cui i percorsi principali vengono declinati per assecondare interessi e attitudini di un considerevole numero di studenti.

## Modelli Matematici e Simulazioni Numeriche: percorso istituzionale

---

Questo percorso è prevalentemente rivolto a coniugare conoscenze modellistiche e numeriche per descrivere, simulare e ottimizzare applicazioni ingegneristiche, industriali, mediche e sociali.

I molteplici sbocchi lavorativi di questo percorso e delle sue varianti spaziano dal settore ingegneristico, industriale, biomedico, al mondo della consulenza e dello sviluppo di software senza naturalmente trascurare la ricerca sia in ambito accademico che industriale.

Anno	Periodo	Esame	CFU
I	1	Meccanica dei continui	8
I	1	Meccanica dei fluidi	8
I	1	Metodi variazionali ed applicazioni	8
I	1	Metodi numerici per le equazioni alle derivate parziali	8
I	1/2	Dinamica di sistemi meccanici o Meccanica dei solidi e della frattura: modelli e metodi computazionali	6
I	1/2	Matematica dei sistemi e controlli o Analisi tempo-frequenza e multiscala	6
I	1/2	Processi stocastici + Dinamiche su network o Modelli di trasporto e teorie cinetiche	10
I	1/2	Modelli statistici o Meccanica dei mezzi porosi	6
I	2	Fluidodinamica ed ingegneria del vento computazionali	12
II	1	Convex optimization and engineering applications	6
II	1	Modelli matematici per la Biomedicina	8
II	2	Sistemi nonlineari per l'ingegneria	6
		Crediti liberi	12
		Tesi	16
		<b>Totale</b>	<b>120</b>

## Crediti liberi

Codice	Periodo	Esame	CFU
02TWYNG	1	Computational linear algebra for large scale problems	8
	1	Numerical optimisation for large scale problems and Stochastic Optimization	8
01RLPNG	1	Apprendimento Statistico	6
01DTNG	2	Model order reduction and machine learning	6
01USANG	2	Stabilità idrodinamica per fluidi e plasmi	6
	2	Tirocinio	12
	2	Tirocinio	8
	2	Tirocinio	6
	1/2	Challenge	8
	1/2	Insegnamento a scelta proposto da altro Ateneo	6

## NOTA

Per alcuni insegnamenti di questo percorso sono utili conoscenze di base di analisi funzionale, equazioni differenziali alle derivate parziali e metodi numerici. Per chi non avesse queste conoscenze sarà fornito materiale per ovviare a questa carenza o si forniranno indicazioni su insegnamenti da inserire nel piano di studi.

## Modelli Matematici e Simulazioni Numeriche: possibili piani di studio individuali

Questi piani di studio vanno caricati dagli studenti come piani di studio individuali. Si prega di segnalare nelle note se il piano di studio individuale rientra in quelli che seguono, quali sono gli esami a scelta inseriti e gli eventuali cambiamenti agli esami del piano.

Nel caso di problemi durante il caricamento dei piani di studio individuali si suggerisce di inserire alcune delle discipline matematiche come esami a scelta. Nel caso questo non sia sufficiente, si prega di attendere la riapertura della segreteria didattica (ultimi giorni di agosto) in modo che i responsabili del Collegio possano interfacciarsi con la segreteria per capire il problema.

**Si ricorda che per questi piani non è garantita la mancanza di sovrapposizioni di orario delle lezioni. Per questo motivo la divisione fra materie del primo e secondo anno è solamente suggerita, così come la distribuzione omogenea tra semestri.**

Nella descrizione dei piani carriera individuali che seguono si sono evidenziati in color oro gli insegnamenti rimossi dal percorso tradizionale e in verde gli insegnamenti sostitutivi inseriti nel percorso proposto.

## **Simulazione model driven e physically informed machine learning**

Questo percorso fornisce le basi fondamentali della modellistica di fenomeni fisici e della simulazione numerica; per quest'ultima si considerano:

- strumenti tradizionali;
- strumenti per surrogare le simulazioni tradizionali tramite l'utilizzo dell'intelligenza artificiale;
- metodi di riduzione di modello.

Il percorso intende coniugare le conoscenze dei fenomeni fisici, la simulazione e l'analisi numerica, gli strumenti di riduzione di modello basati sull'algebra lineare numerica e l'utilizzo di machine learning e di altri strumenti di apprendimento supervisionato e no.

### **Simulazione e physically informed machine learning**

<b>Esame</b>	<b>CFU</b>
Meccanica dei continui	8
Meccanica dei fluidi	8
Computational linear algebra for large scale problems	8
Metodi numerici per le PDE	8
Fluidodinamica ed ingegneria del vento	12
Machine learning and deep learning	10
Numerical optimisation for large scale problems and Stochastic Optimization	8
Modelli statistici + Apprendimento statistico	12
Model order reduction and machine learning	6
Dinamica dei sistemi meccanici	6
Meccanica dei solidi e della frattura	6
Tirocinio o esami a scelta	12
Tesi	16
<b>Totale</b>	<b>120</b>

### **Esami a scelta coerenti**

<b>Esame</b>	<b>CFU</b>
Metodi variazionali ed applicazioni	8
Modelli matematici per la biomedicina	8
Bioquants	8
Processi stocastici + Dinamiche su network	10
Modelli di trasporto e teorie cinetiche	10
Data science lab: processes & methods	8

## **NOTA**

L'insegnamento "Machine learning and deep learning" (10 cfu) richiede una ottima conoscenza della programmazione Python. Per seguire questo insegnamento sarebbe opportuno aver seguito l'insegnamento "Data science lab: processes & methods". In

alternativa è possibile considerare l'insegnamento "Data science and Machine Learning for Engineering Applications" (6 cfu, minore approfondimento sulle reti neurali).

### **Matematica industriale**

Questo percorso si focalizza sulle conoscenze di contesto ingegneristico e sulle tecniche di ottimizzazione e controllo. Il percorso intende fornire gli strumenti per la corretta modellizzazione dei fenomeni fisici coinvolti in molti problemi industriali e le conoscenze necessarie per una corretta simulazione degli stessi con metodi matematici.

### **Matematica Industriale**

<b>Esame</b>	<b>CFU</b>
Meccanica dei continui	8
Meccanica dei fluidi	8
Numerical optimization for large scale problems	8
Metodi numerici per le PDE	8
Fluidodinamica ed ingegneria del vento	12
Processi stocastici + Dinamiche su network	10
Sistemi non lineari per l'ingegneria	6
Model order reduction and machine learning	6
Matematica dei sistemi e controlli	6
Dinamica dei sistemi meccanici	6
Meccanica dei solidi e della frattura	6
Meccanica dei mezzi porosi	6
Tirocinio o esami a scelta	14
Tesi	16
<b>Totale</b>	<b>120</b>

### **Esami a scelta coerenti**

<b>Esame</b>	<b>CFU</b>
Metodi variazionali ed applicazioni	8
Computational linear algebra for large scale problems	8
Analisi tempo-frequenza e multiscala	6
Fluidodinamica delle turbomacchine	6

## Modellistica matematica

Questo percorso è rivolto alle persone interessate alla modellazione e simulazione dei fenomeni fisici, biologici, ambientali ed industriali ad ampio spettro.

### Modellistica matematica

Esame	CFU
Meccanica dei continui	8
Meccanica dei fluidi	8
Metodi variazionali ed applicazioni	8
Metodi numerici per le PDE	8
Fluidodinamica ed ingegneria del vento	12
Modelli di trasporto e teorie cinetiche	10
Modelli matematici per la biomedicina	8
Stabilità idrodinamica per fluidi e plasmi	6
Dinamica dei sistemi meccanici	6
Matematica dei sistemi e controlli	6
Meccanica dei solidi e della frattura	6
Meccanica dei mezzi porosi	6
Tirocinio o esami a scelta	12
Tesi	16
<b>Totale</b>	<b>120</b>

### Esami a scelta coerenti

Esame	CFU
Fluidodinamica delle turbomacchine	6
The climate system	8
Fluidodinamica per l'ambiente e l'energia	6



## Socio-Bio-matematica

Questo percorso è rivolto alle persone interessate alle applicazioni biomediche. Fornisce le basi fondamentali riguardo alla modellistica di fenomeni sociali e biologici e alla simulazione numerica dei fenomeni relativi. I fenomeni verranno descritti utilizzando sia un approccio deterministico che un approccio stocastico, affrontando anche il problema del trattamento e utilizzo dei dati sperimentali di origine biomedica e sociale.

### Socio-Bio-Matematica

Esame	CFU
Meccanica dei continui	8
Meccanica dei fluidi	8
Processi stocastici + Dinamiche su network	10
Metodi numerici per le PDE	8
Modelli statistici + Apprendimento statistico	12
Modelli di trasporto e teorie cinetiche	10
Modelli matematici per la biomedicina	8
Bioinformatics (01OVFOV)	6
Sistemi non lineari per l'ingegneria	6
BioQuants	8
Meccanica dei solidi e della frattura	6
Meccanica dei mezzi porosi	6
Tirocinio o esami a scelta	12
Tesi	16
<b>Totale</b>	<b>124</b>

### Esami a scelta coerenti

Esame	CFU
Metodi variazionali ed applicazioni	8
Statistical physics and biophysics	12
Biomechanical design	6
Meccanica applicata ai sistemi biomedici	6
Scienza delle bio e nano costruzioni	6
Sistemi complessi in biologia (catalogo UniTo)	6
Elaborazione segnali biomedici	8
Inference in biological systems	6

## Statistica e Ottimizzazione su Dati e Reti: percorso istituzionale

Questo percorso fornisce conoscenze matematico-statistiche per la raccolta e l'utilizzo di dati e per l'estrazione di informazione dai dati al fine di prendere decisioni o ottimizzare processi.

Gli sbocchi lavorativi sono svariati e comprendono banche e assicurazioni, società di consulenza, produzione/distribuzione, servizi di marketing. Inoltre, i metodi proposti si possono anche applicare in contesti ingegneristici come il progetto di reti di trasporto o la progettazione robusta di sistemi elettro-meccanici soggetti a incertezza.

Anno	Periodo	Esame	CFU
I	1	Modelli statistici + Apprendimento statistico	12
I	1	Processi stocastici + Dinamiche su network	10
I	2	Business analytics	8
I	2	Business intelligence per big data	8
I	2	Crittografia	6
I	1/2	Numerical optimisation for large scale problems and Stochastic Optimization o Modelli di trasporto e teorie cinetiche	8
I	2	Sistemi non lineari per l'ingegneria	6
I	1/2	Matematica dei sistemi e controlli o Analisi tempo-frequenza e multiscala	6
II	1	Convex optimization and engineering applications	6
II	1	BioQuants o Metodi quantitativi per la gestione del rischio	8
II	2	Financial engineering	8
II	1/2	Blockchain e criptoconomia o Model Order Reduction and Machine Learning o Modelli matematici per la Biomedicina	6
		Crediti liberi	12
		Tesi	16
		<b>Totale</b>	<b>120</b>

## Crediti liberi

Anno	Periodo	Esame	CFU
02TWYNG	1	Computational linear algebra for large scale problems	8
02JNZNG	1	Metodi numerici per le equazioni alle derivate parziali	8
	1	Meccanica dei continui	8
	2	Machine learning and deep learning	10
		Tirocinio	12
		Tirocinio	8
		Tirocinio	6
		Insegnamento a scelta proposta da altro Ateneo	6

## NOTA

Per alcuni insegnamenti di questo percorso sono utili conoscenze di base di probabilità, statistica e ricerca operativa. Per chi non avesse queste conoscenze sarà fornito materiale per ovviare a questa carenza o si forniranno indicazioni su insegnamenti da inserire nel piano di studi.

## Statistica e Ottimizzazione su Dati e Reti: possibili piani di studio individuali

Questi piani di studio vanno caricati dagli studenti come piani di studio individuali. Si prega di segnalare nelle note se il piano di studio individuale rientra in quelli che seguono, quali sono gli esami a scelta inseriti e gli eventuali cambiamenti agli esami del piano.

Nel caso di problemi durante il caricamento dei piani di studio individuali si suggerisce di inserire alcune delle discipline matematiche come esami a scelta. Nel caso questo non sia sufficiente, si prega di attendere la riapertura della segreteria didattica (ultimi giorni di agosto) in modo che i responsabili del Collegio possano interfacciarsi con la segreteria per capire il problema.

**Si ricorda che per questi piani non è garantita la mancanza di sovrapposizioni di orario delle lezioni. Per questo motivo la divisione fra materie del primo e secondo anno è solamente suggerita, così come la distribuzione omogenea tra semestri.**

Nella descrizione dei piani carriera individuali che seguono si sono evidenziati in color oro gli insegnamenti previsti dal percorso tradizionale rimossi e in verde gli insegnamenti inseriti nel percorso proposto rispetto al percorso tradizionale.

## Mathematical Data Analysis (doppia laurea)

Questo percorso consente di ottenere una seconda laurea in Data Science and Engineering (LM-33) con soli ulteriori 30 CFU di insegnamenti e 22 CFU di tesi.

([https://didattica.polito.it/lauree\\_magistrali/2023/it/ing\\_matematica\\_data\\_science](https://didattica.polito.it/lauree_magistrali/2023/it/ing_matematica_data_science))

### Mathematical Data Analysis

Esame	CFU
Modelli statistici + Apprendimento statistico	12
Processi stocastici + Dinamiche su network	10
Numerical optimization for large scale problems	8
Modelli di trasporto e teorie cinetiche	10
Business analytics	8
Data science lab: processes & methods	8
Crittografia	6
BioQuants	8
Machine learning and deep learning	10
Sistemi non lineari per l'ingegneria	6
Computational linear algebra for large scale problems	8
Blockchain e criptoconomia	6
o Model Order Reduction and Machine Learning	
o Metodi quantitativi per la gestione del rischio	
Financial engineering	8
Tesi	16
<b>Totale</b>	<b>124</b>

Al fine di minimizzare il numero di CFU da acquisire per ottenere la seconda laurea in Data Science and Engineering non è stato possibile prevedere esami a scelta o tirocini. Anche eventuali esperienze Erasmus potrebbero impattare sul numero di CFU necessari per la seconda laurea.

## Matematica per le decisioni in condizioni di incertezza

Il tema delle decisioni in condizioni di incertezza è onnipresente in una ampia sfera di contesti applicativi:

- scelta di portafogli finanziari;
- gestione dei rischi per assicurazioni;
- progettazione e gestione di una filiera logistica (supply chain management);
- gestione dei fattori di rischio per imprese non finanziarie (gestione di progetti, innovazione di prodotto, copertura del rischio valuta, etc.);
- pricing dinamico di prodotti e servizi;
- definizione di strategie di marketing.

In tutti questi ambiti applicativi la matematica gioca un ruolo fondamentale nella descrizione del contesto incerto, nella previsione dell'evoluzione dei fattori di rischio, e nella definizione di strategie robuste e flessibili. Gli strumenti utilizzati vanno da quelli tradizionali della probabilità e della statistica, attraverso i metodi e modelli di simulazione e ottimizzazione, fino a strumenti avanzati basati su machine learning e reinforcement learning.

## Matematica per l'Analisi del Rischio

Esame	CFU
Modelli statistici + Apprendimento statistico	12
Processi stocastici + Dinamiche su network	10
Numerical optimisation for large scale problems	8
Business analytics	8
Business intelligence per big data o Data science lab: processes & methods	8
Crittografia	6
Metodi quantitativi per la gestione del rischio	8
Convex optimisation and engineering applications	6
Machine learning and deep learning	10
Simulazione dei sistemi gestionali	8
Financial engineering	8
Tirocinio o esami a scelta	12
Tesi	16
<b>Totale</b>	<b>120</b>

## Esami a scelta coerenti

Esame	CFU
Mathematics for insurance (catalogo UniTo)	6
Blockchain e Criptoconomia	6
Computational linear algebra for large scale problems	8
Model Order Reduction and Machine Learning	6

## Crittografia e sicurezza

Questo percorso si propone di rispondere alla crescente esigenza di formazione di specialisti dotati di elevate competenze nell'ambito della crittografia e della sicurezza informatica. La carenza di esperti in tali competenze rappresenta un grave problema sia per lo sviluppo economico di un paese sia per la sua sicurezza nazionale. La sempre più rapida digitalizzazione dell'economia globale pone una serie di questioni di sicurezza dei sistemi digitali e delle reti informatiche che costituiscono la spina dorsale delle società moderne. Pertanto, le competenze crittografiche e sulla sicurezza informatica sono sempre più fondamentali e sempre più richieste dal mercato del lavoro.

Il percorso prevede una formazione di base di crittografia, con approfondimenti nelle applicazioni più innovative e rivoluzionarie come la blockchain, le criptomonete, i token e gli NFT. Prevede inoltre lo studio delle debolezze dei sistemi informativi alle diverse tipologie di attacco, la sicurezza delle reti e dell'hardware, oltre che delle reti peer-to-peer e delle reti intelligenti.

### Crittografia e sicurezza

Esame	CFU
Modelli statistici + Apprendimento statistico	12
Processi stocastici + Dinamiche su network	10
Numerical optimisation for large scale problems	8
Modelli di trasporto e teorie cinetiche	10
Business intelligence per big data	8
Crittografia	6
Reti di calcolatori	8
Advanced Cryptography	6
Sicurezza dei sistemi informativi	6
Blockchain e Criptoconomia	6
Post-Quantum Cryptography	6
Management and content delivery for Smart Networks	12
Tirocinio o esami a scelta	6
Tesi	16
<b>Totale</b>	<b>120</b>