

<b>Università</b>	Politecnico di TORINO
<b>Classe</b>	LM-44 R - Modellistica matematico-fisica per l'ingegneria
<b>Nome del corso in italiano</b>	Ingegneria matematica <i>modifica di: Ingegneria matematica (1426367.)</i>
<b>Nome del corso in inglese</b>	Mathematical Engineering
<b>Lingua in cui si tiene il corso</b>	italiano
<b>Codice interno all'ateneo del corso</b>	32039
<b>Data di approvazione della struttura didattica</b>	15/11/2024
<b>Data di approvazione del senato accademico/consiglio di amministrazione</b>	28/11/2024
<b>Data della consultazione con le organizzazioni rappresentative a livello locale della produzione, servizi, professioni</b>	18/01/2010 -
<b>Data del parere favorevole del Comitato regionale di Coordinamento</b>	
<b>Modalità di svolgimento</b>	a. Corso di studio convenzionale
<b>Eventuale indirizzo internet del corso di laurea</b>	<a href="https://www.polito.it/corsi/32-39">https://www.polito.it/corsi/32-39</a>
<b>Dipartimento di riferimento ai fini amministrativi</b>	SCIENZE MATEMATICHE "Giuseppe Luigi Lagrange"
<b>EX facoltà di riferimento ai fini amministrativi</b>	
<b>Massimo numero di crediti riconoscibili</b>	24 - max 24 CFU, da DM 931 del 4 luglio 2024
<b>Corsi della medesima classe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Physics of Complex Systems</li> </ul>

### **Obiettivi formativi qualificanti della classe: LM-44 R Modellistica matematico-fisica per l'ingegneria**

#### a) Obiettivi culturali della classe

I corsi della classe hanno l'obiettivo di formare laureate e laureati specialisti capaci di sviluppare, validare e utilizzare criticamente modelli fisico-matematici e numerici per la risoluzione di problemi ingegneristici complessi, operando in contesti multidisciplinari e in settori innovativi altamente competitivi. In particolare, le laureate e i laureati magistrali nei corsi della classe devono:- conoscere approfonditamente gli aspetti teorico-scientifici della matematica, della fisica, dell'ingegneria, sia in generale sia in modo specifico in almeno una sua area (civile e ambientale, industriale, dell'informazione) ed essere capaci di utilizzare tali conoscenze per identificare, formulare e risolvere problemi complessi dell'ingegneria che richiedono un approccio interdisciplinare;

- possedere le competenze avanzate necessarie per affrontare i problemi sperimentali, computazionali, epistemologici connessi con la costruzione, la verifica della validità e l'utilizzazione di modelli in diversi domini applicativi;
- possedere una chiara visione dell'interrelazione tra dati, processi, modellistica matematico-fisica e metodi computazionali;
- avere padronanza del metodo scientifico di indagine, familiarità con i principali strumenti di laboratorio, ed essere capaci di progettare e gestire esperimenti di elevata complessità;
- essere capaci di ideare, pianificare, progettare e gestire sistemi, processi e servizi complessi e innovativi;
- essere in grado di trasferire e discutere i risultati della modellazione matematica dialogando con gli esperti di diverse discipline;
- avere conoscenze nel campo dell'organizzazione aziendale e dell'etica professionale.

#### b) Contenuti disciplinari indispensabili per tutti i corsi della classe

I corsi della classe comprendono attività finalizzate all'acquisizione di conoscenze avanzate:- della matematica e dell'informatica;

- della fisica classica e dei fondamenti della fisica moderna;
- dei modelli matematici continui e discreti, deterministici o stocastici;
- dei metodi di simulazione e di calcolo numerico e simbolico;
- di almeno un'area (civile e ambientale, industriale, dell'informazione) dell'ingegneria.

#### c) Competenze trasversali non disciplinari indispensabili per tutti i corsi della classe

Le laureate e i laureati magistrali nei corsi della classe devono:- saper comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, con particolare riferimento al lessico proprio delle discipline scientifiche e ingegneristiche;

- avere capacità relazionali e decisionali ed essere in grado di operare in gruppi di lavoro;
- essere in grado di interagire con gruppi di lavoro interdisciplinari mediante la conoscenza dei diversi linguaggi tecnico-scientifici e dei metodi della comunicazione;
- essere in grado di operare in contesti aziendali e professionali;
- essere in grado di prevedere e gestire le implicazioni delle proprie attività in termini di sostenibilità ambientale;
- essere in grado di promuovere e gestire la digitalizzazione dei processi, sia nell'ambito industriale sia in quello dei servizi.

#### d) Possibili sbocchi occupazionali e professionali dei corsi della classe

I principali sbocchi occupazionali previsti per le laureate e i laureati nella classe sono quelli dell'innovazione e della progettazione avanzata, in particolare per quanto riguarda la definizione e la validazione dei modelli e delle procedure di calcolo, con particolare riferimento a uno o più settori tecnologici. Le laureate e i laureati nei corsi di laurea magistrale della classe potranno esercitare funzioni di elevata responsabilità presso centri di ricerca, sviluppo e progettazione, società di consulenza operanti in ambiti tecnologicamente avanzati dell'ingegneria civile e ambientale, industriale, e dell'informazione, laboratori di calcolo e società per il trattamento dei dati e sviluppo di codici di calcolo.

#### e) Livello di conoscenza di lingue straniere in uscita dai corsi della classe

Oltre l'italiano, le laureate e i laureati nei corsi della classe devono essere in grado di utilizzare fluentemente almeno una lingua straniera, in forma scritta e orale, con riferimento anche ai lessici disciplinari.

#### f) Conoscenze e competenze richieste per l'accesso a tutti i corsi della classe

L'ammissione ai corsi della classe richiede il possesso di un'adeguata padronanza di metodi e contenuti scientifici generali nelle discipline della fisica, dell'informatica, dell'ingegneria e della matematica propedeutiche a quelle caratterizzanti della presente classe.

#### g) Caratteristiche della prova finale per tutti i corsi della classe

I corsi della classe devono prevedere una prova finale che comprenda la discussione di una tesi, redatta a valle di una importante attività di progettazione o di ricerca, che dimostri la padronanza degli argomenti sul piano teorico e applicativo, la capacità di operare in modo autonomo e capacità di comunicazione.

#### h) Attività pratiche e/o laboratoriali previste per tutti i corsi della classe

I corsi di laurea magistrale della classe prevedono esercitazioni pratiche e attività progettuali finalizzate alla conoscenza delle metodologie sperimentali e delle tecniche avanzate di modellazione numerica per la rappresentazione e l'analisi di fenomeni e processi caratteristici dell'ingegneria.

#### i) Tirocini previsti per tutti i corsi della classe

I corsi di laurea magistrale della classe possono prevedere tirocini formativi, in Italia o all'estero, presso imprese, enti pubblici e privati e studi professionali, finalizzati all'approfondimento di tematiche oggetto del percorso formativo e all'acquisizione di specifiche competenze tecnico-scientifiche.

## **Sintesi della relazione tecnica del nucleo di valutazione**

Il Nucleo ribadisce quanto già espresso in sede di trasformazione del corso dall'ordinamento ex D.M. 509/99 all'ordinamento ex D.M. 270/04 e pertanto ripropone il medesimo parere positivo.

## **Sintesi della consultazione con le organizzazioni rappresentative a livello locale della produzione, servizi, professioni**

La consultazione con il sistema socio-economico e le parti interessate, è avvenuta il 18 gennaio 2010 in un incontro della Consulta di Ateneo, a cui sono stati invitati 28 rappresentanti di organizzazioni della produzione, dei servizi e delle professioni, aziende di respiro locale, nazionale ma anche internazionale; presenti anche importanti rappresentanti di esponenti della cultura.

Nell'incontro sono stati delineati elementi di carattere generale rispetto alle attività dell'ateneo, una dettagliata presentazione della riprogettazione dell'offerta formativa ed il percorso di deliberazione degli organi di governo.

Sono stati illustrati gli obiettivi formativi specifici dei corsi di studio, le modalità di accesso ai corsi di studio, la struttura e i contenuti dei nuovi percorsi formativi e gli sbocchi occupazionali.

Sono emersi ampi consensi per lo sforzo di razionalizzazione fatto sui corsi, sia numerico sia geografico, anche a fronte di una difficoltà attuativa ma guidata da una chiarezza di sostenibilità economica al fine di perseguire un sempre più alto livello qualitativo con l'attenzione anche all'internazionalizzazione.

Consensi che hanno trovato riscontro in una votazione formale con esito unanime rispetto al percorso e alle risultanze della riprogettazione dell'Offerta formativa.

## **Obiettivi formativi specifici del corso e descrizione del percorso formativo**

Obiettivo specifico del corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Matematica è la formazione di una figura professionale che sappia utilizzare le tecnologie dell'Ingegneria e le metodologie della Matematica Applicata e della Statistica per descrivere e risolvere problematiche complesse, che richiedono un'approfondita indagine di tipo modellistico-numerico e/o di tipo probabilistico-statistico.

Caratterizzato da una forte sinergia tra la Matematica e le discipline proprie dell'Ingegneria, il corso di Laurea Magistrale dà la possibilità agli studenti di affrontare problemi provenienti da vari settori dell'Ingegneria riguardanti sia sistemi artificiali che fenomeni naturali, nonché problemi provenienti da settori della logistica e della finanza. Inoltre, agli studenti è offerta la possibilità di acquisire conoscenze utili per affrontare analisi di dati di qualunque dimensione e struttura.

La formazione avrà come obiettivo specifico quello di rendere l'Ingegnere Matematico in grado di svolgere le seguenti attività:

- Dedurre il modello matematico o statistico opportuno da utilizzare sulla base di un compromesso tra complessità e accuratezza desiderata.
- Analizzare dal punto di vista qualitativo e quantitativo l'output generato dal modello e la rispondenza dei risultati con il fenomeno e/o i dati da analizzare.
- Simulare numericamente fenomeni naturali, processi industriali e comportamenti di materiali e di strutture.
- Effettuare una analisi di dati statistici, sintetizzarli, adattarli ai modelli stocastici di interesse nelle applicazioni, utilizzarli a scopo previsionale in analisi di affidabilità, di rischio e decisionali.
- Affrontare, con la mentalità propria dell'ingegnere, problematiche relative a sistemi complessi, nei quali è presente una forte interdisciplinarietà, utilizzando metodologie offerte dai vari settori della Matematica Applicata e della Statistica.

Il percorso formativo consta di due orientamenti, uno maggiormente dedicato agli aspetti modellistici e numerici di interesse per le applicazioni industriali ed uno più dedicato agli aspetti probabilistico-statistici o legati a problemi di ottimizzazione o di dinamiche su reti o di analisi di dati. I due orientamenti presentano sia un blocco comune che un certo grado di osmosi, in quanto alcune materie obbligatorie per un indirizzo sono opzionabili in una tabella di materie caratterizzanti per l'altro.

Il percorso formativo è comunque volto ad assicurare che siano presenti tutti gli strumenti conoscitivi necessari per lo svolgimento della professione di ingegnere matematico, nella quale si integrano, in diversa misura a seconda dell'orientamento, conoscenze e competenze di:

- Modellazione matematico-statistica, finalizzate alla deduzione, a partire dal problema applicativo, del modello matematico o statistico adatto alla descrizione del fenomeno;
- Analisi delle soluzioni dal punto di vista qualitativo e quantitativo, usando opportuni metodi matematici teorici;
- Simulazione numerica, finalizzate alla approssimazione e rappresentazione della soluzione utilizzando i più aggiornati metodi numerici;
- Probabilità e statistica, finalizzate alla trattazione dei problemi non deterministici ed alla gestione ed all'interpretazione dei dati sperimentali e provenienti da modelli probabilistici, anche con tecniche empirico-algoritmiche tipiche del Machine Learning;
- Ingegneria, finalizzate all'acquisizione delle conoscenze di contesto e delle problematiche che caratterizzano le applicazioni derivanti dal mondo reale.

Con lo svolgimento e la discussione della tesi lo studente integra le proprie conoscenze e mette a frutto le proprie competenze dedicandosi ad un'attività che tendenzialmente bilanci contributi di tipo teorico ed applicativo e/o sperimentale e nella quale dovrà fornire il proprio contributo originale.

## **Descrizione sintetica delle attività affini e integrative**

La figura professionale dell'Ingegnere Matematico è molto apprezzata nel mondo lavorativo per la sua grande versatilità e capacità di inserirsi in diversi contesti produttivi, economico-finanziari, di ricerca e sviluppo, oltre che nel mondo della ricerca accademica. Per questa ragione a completamento delle conoscenze considerate caratterizzanti per il corso di laurea magistrale si possono aggiungere insegnamenti di materie fisiche, statistiche e dei settori ingegneristici delle costruzioni, industriali e delle scienze dell'informazione.

## **Risultati di apprendimento attesi, espressi tramite i Descrittori europei del titolo di studio (DM 16/03/2007, art. 3, comma 7).**

### **Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding)**

Il corso di laurea presenta due orientamenti, uno rivolto alla modellazione matematica e alla simulazione numerica ed uno ai metodi statistici e di ottimizzazione che operano a partire da informazioni su dati e networks. In ciascun orientamento sono presenti in maniera pressoché equivalente insegnamenti di tipo matematico-statistico ed insegnamenti di tipo ingegneristico.

Per quanto riguarda l'area di apprendimento delle metodologie matematiche, gli insegnamenti forniscono la conoscenza sui metodi matematici utili per le varie applicazioni ingegneristiche, unitamente alla capacità di comprenderli e modificarli. In particolare, vengono introdotte conoscenze e competenze riguardanti le metodologie avanzate di calcolo scientifico e di deduzione di modelli matematici, del loro studio analitico, della valutazione delle componenti stocastiche e di incertezza e del trattamento statistico dei dati e dei risultati delle simulazioni numeriche.

Per quanto riguarda l'area di apprendimento delle discipline dell'Ingegneria, gli insegnamenti rendono lo studente capace di comprendere la descrizione del problema ingegneristico.

Caratteristica peculiare del corso di studi è la presenza di alcuni insegnamenti integrati, insegnati congiuntamente da due docenti, uno con background più matematico e uno con background più ingegneristico. In tali corsi il docente ingegnere fornisce le conoscenze relative alla problematica pratica e le conoscenze ingegneristiche di contesto, mentre il docente matematico fornisce le conoscenze sui metodi matematici e statistici di supporto alla identificazione delle soluzioni.

Modalità didattiche

Le conoscenze e le capacità di comprensione vengono acquisite dagli studenti attraverso lezioni frontali, esercitazioni in aula e in laboratori informatici. In alcuni insegnamenti sono previste attività condotte in modo autonomo da ciascuno studente o da gruppi di lavoro, secondo modalità indicate dai docenti. Ogni insegnamento indica quanti crediti sono riservati a ciascuna modalità didattica.

Modalità di accertamento

L'accertamento delle conoscenze e della capacità di comprensione avviene tramite esami scritti e orali, che possono comprendere test a risposte aperte o chiuse, esercizi di tipo algebrico o numerico, quesiti relativi agli aspetti teorici ed esercizi di modellizzazione o programmazione.

### **Capacità di applicare conoscenza e comprensione (applying knowledge and understanding)**

Il laureato magistrale in Ingegneria Matematica acquisisce le capacità di:

- dedurre il modello matematico opportuno da utilizzare sulla base di un compromesso tra accuratezza desiderata e complessità tollerata applicando le conoscenze acquisite in altri contesti applicativi;
- simulare numericamente fenomeni naturali, processi industriali e comportamenti di materiali e di strutture;
- effettuare una analisi di dati statistici, sintetizzarli, adattarli ai modelli stocastici di interesse nelle applicazioni, utilizzarli a scopo previsionale in analisi di affidabilità o analisi di rischio e per prendere decisioni;
- affrontare, con la mentalità propria dell'ingegnere, problematiche relative a sistemi complessi, nei quali è presente una forte interdisciplinarietà, utilizzando metodologie offerte dai vari settori della Matematica Applicata e della Statistica;
- lavorare in gruppo, operare con definiti gradi di autonomia e inserirsi prontamente negli ambienti di lavoro.

#### Modalità didattiche

Gli studenti acquisiscono tali capacità applicative prevalentemente tramite lo svolgimento guidato di esercizi durante esercitazioni in aula o in laboratorio (prevalentemente informatico, con impiego di software dedicato e uso di MATLAB, Python, R e C++) con successiva rielaborazione autonoma, e con lo sviluppo di progetti, anche interdisciplinari, da effettuare in piccoli gruppi, in modo da potenziare la capacità di lavorare in gruppo. Nella definizione dei progetti di gruppo è spesso lasciato agli studenti ampio margine di scelta delle tematiche o delle specifiche di progetto in modo da stimolare il confronto tra gli studenti e far emergere le difficoltà di tradurre le caratteristiche dei fenomeni reali in modelli predittivi.

Alcuni lavori di gruppo richiedono la lettura di paper tratti da riviste scientifiche e la loro presentazione orale, in cui si chiede di mettere in relazione il metodo matematico con lo specifico problema applicativo, evidenziando eventuali limiti o assunzioni critiche, analizzando con cura la validazione dell'approccio proposto mediante esperimenti computazionali e/o l'applicazione al problema reale, e proponendo possibili estensioni o approcci alternativi.

Infine, in alcuni insegnamenti vengono proposti business case realistici (tratti, ad esempio, dalla libreria Harvard Business School), in cui viene richiesto di strutturare un problema di decisione e di risolverlo sulla base dei dati disponibili, evidenziando criticamente le assunzioni implicite e i limiti della soluzione proposta.

Ogni insegnamento indica nella sua stessa scheda insegnamento quanti crediti sono riservati a ciascuna modalità didattica (lezioni in aula, esercitazione in aula e esercitazioni in laboratorio) e l'eventuale richiesta di sviluppare progetti in gruppo.

#### Modalità di accertamento

La verifica avviene tramite esami scritti e orali e spesso attraverso la discussione e la valutazione di relazioni relative ad attività progettuali o alla discussione di articoli scientifici assegnati dal docente o scelti dallo studente tra alcuni articoli suggeriti dal docente.

### **Autonomia di giudizio (making judgements)**

Il laureato magistrale in Ingegneria Matematica sviluppa la sua autonomia di giudizio applicando le teorie e metodologie matematiche e statistiche acquisite alla risoluzione di problemi complessi di origine ingegneristica o economico-finanziaria. Gli insegnamenti di carattere applicativo abbinano alla formazione teorica ad esempi applicativi e coinvolgono gli allievi individualmente e in gruppo nello sviluppo di progetti specifici che riguardano l'analisi, il controllo, lo sviluppo di processi industriali, il comportamento di materiali (solidi, fluidi e gassosi) e di strutture, la dinamica di fenomeni naturali, modelli finanziari, case studies assicurativi, etc.

Agli studenti è data la possibilità di partecipare alle challenge interdisciplinari organizzate dall'Ateneo in collaborazione con aziende su tematiche di interesse applicativo, che vengono riconosciute come crediti liberi, quando in esse c'è la possibilità di sviluppare contenuti modellistici o statistici rilevanti. Le capacità di giudizio autonomo sono messe continuamente a confronto nelle attività di progetto e soprattutto si consolidano nello sviluppo di una tesi, eventualmente svolta in azienda, che deve avere carattere di originalità.

### **Abilità comunicative (communication skills)**

Caratteristica peculiare del laureato magistrale in Ingegneria Matematica è quella di associare solide conoscenze matematiche, fisiche e ingegneristiche con la capacità di dialogare con ingegneri e tecnici di vari settori.

Le abilità comunicative acquisite durante i corsi consentiranno al laureato di:

- utilizzare metodi e strumenti di rappresentazione e comunicazione (grafica, visuale, verbale, scritta) ricorrendo a strumenti tradizionali ed innovativi, anche di natura multimediale;
- saper ascoltare e saper rispondere ai punti di vista altrui all'interno di gruppi di lavoro cui concorrono le diverse figure professionali coinvolte nel processo di innovazione tecnologica, allo scopo di dare un adeguato trattamento matematico a problemi applicativi e di trasferire i risultati ottenuti ai collaboratori.

Le abilità comunicative sono acquisite dagli allievi tramite la stesura di rapporti scritti e le presentazioni orali richieste per l'esposizione dei risultati derivanti da lavori di gruppo finalizzati alla formulazione, analisi e risoluzione di specifici problemi complessi proposti negli insegnamenti applicativi.

In queste attività le capacità di espressione chiara e sintetica costituiscono un importante elemento di giudizio. Le presentazioni dei progetti svolti dovranno avere la caratteristica di essere comprensibili ad un uditore non specialista e ad una platea multidisciplinare.

L'Ingegnere Matematico è in grado di utilizzare ad un buon livello la lingua inglese. Queste capacità vengono acquisite anche grazie all'utilizzo di testi in inglese e la presenza di lezioni tenute in inglese.

E' inoltre possibile effettuare periodi di studio all'estero e svolgere la tesi seguiti da referenti stranieri con cui sono stabiliti rapporti di collaborazione scientifica con il relatore.

L'attività di tesi infine prevede una stesura autonoma eventualmente in inglese e la sua presentazione pubblica, in cui l'approfondimento della tematica, i giudizi autonomi formati, le soluzioni ed i risultati devono essere trasmessi in modo efficace e discussi in modo critico.

### **Capacità di apprendimento (learning skills)**

La capacità di apprendimento è esercitata durante tutto l'iter formativo nei vari insegnamenti attraverso diversi strumenti didattici, quali lezioni frontali, esercitazioni in aula, esercitazioni in laboratorio, svolgimento di homework, e tramite lo sviluppo di progetti individuali o di gruppo in cui allo studente viene sottoposto materiale da elaborare autonomamente in vista della prova d'esame.

La capacità di apprendimento viene esercitata e messa in evidenza anche durante l'attività di tesi. Una parte importante del suo sviluppo è infatti costituita dalla ricerca autonoma di materiale, in particolar modo bibliografico, e dallo sviluppo di una propria linea progettuale.

Uno dei fini principali dello sviluppo della capacità di apprendimento che il Corso di Studi si propone è fornire allo studente gli strumenti indispensabili che gli permettano di realizzare un aggiornamento continuo delle proprie conoscenze anche dopo la conclusione del percorso di studi (life-long learning), in modo da mantenersi sempre aggiornato e al passo con l'innovazione tecnologica.

### **Conoscenze richieste per l'accesso (DM 270/04, art 6, comma 1 e 2)**

Costituiscono requisiti curriculari il titolo di laurea o di un diploma universitario di durata triennale ovvero di altro titolo di studio conseguito all'estero, riconosciuto idoneo, e le competenze e conoscenze che lo studente deve aver acquisito nel percorso formativo pregresso, espresse sotto forma di crediti riferiti a specifici settori scientifico-disciplinari o a gruppi di essi. In particolare lo studente deve aver acquisito un minimo di 45 cfu sui settori scientifico-disciplinari CHIM/07, FIS/01, FIS/02, FIS/03, FIS/04, INF/01, ING-INF/05, MAT/02, MAT/03, MAT/05 e 60 cfu sui settori scientifico-disciplinari CHIM/07, FIS/01, FIS/02, FIS/03, FIS/04, ICAR/01, ICAR/07, ICAR/08, ICAR/09, INF/01, ING-IND/06, ING-IND/10, ING-IND/11, ING-IND/13, ING-IND/14, ING-IND/16, ING-IND/21, ING-IND/24, ING-IND/31, ING-IND/35, ING-INF/01, ING-INF/03, ING-INF/05, MAT/02, MAT/03, MAT/04, MAT/05, MAT/06, MAT/07, MAT/08, MAT/09, SECS-P/07, SECS-S/01, SECS-S/02, SECS-S/03, SECS-S/06.

Inoltre, lo studente deve essere in possesso di un'adeguata preparazione personale e della conoscenza certificata della Lingua inglese almeno di livello B2, come definito dal Quadro comune europeo di riferimento per la conoscenza delle lingue (QCER).

Le modalità di verifica dell'adeguatezza della preparazione personale e i criteri per il riconoscimento della conoscenza certificata della lingua inglese sono riportati nel regolamento didattico del corso di studio.

### **Caratteristiche della prova finale** **(DM 270/04, art 11, comma 3-d)**

La prova finale rappresenta un importante momento formativo del corso di Laurea Magistrale e consiste in una tesi che deve essere elaborata in modo originale dallo studente sotto la guida di un relatore ed eventuali correlatori. E' richiesto che lo studente svolga autonomamente la fase di studio approfondito di un problema applicativo reale, prenda in esame criticamente la documentazione disponibile ed elabori il problema, proponendo soluzioni adeguate, effettuando eventualmente simulazioni o processando dati con strumenti autonomamente sviluppati o con software già disponibile. Il lavoro può essere svolto presso i dipartimenti e i laboratori dell'Ateneo, presso altre università italiane o straniere, presso laboratori di ricerca esterni e presso industrie e studi professionali con i quali sono stabiliti rapporti di collaborazione. La tesi può essere eventualmente redatta e presentata in lingua inglese.

Modalità di assegnazione e dettagli sullo svolgimento della prova finale sono precisati nel regolamento didattico di Corso di Laurea.

### **Motivi dell'istituzione di più corsi nella classe**

Dal Politecnico di Torino vengono proposti due corsi di Laurea Magistrale nella stessa classe di Modellistica matematico-fisica per l'ingegneria (LM-44) denominati "Ingegneria Matematica" e "Physics of Complex Systems". Il primo è la trasformazione in Laurea Magistrale dell'attuale corso di Laurea Specialistica in Ingegneria matematica, mentre il secondo, di nuova istituzione, sostituisce l'attuale corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Fisica. I due corsi di studi si differenziano per la natura degli approcci e delle metodologie utilizzate nella modellizzazione dei problemi e nella soluzione dei modelli. Tali approcci e metodologie sono in un caso basati sulla matematica applicata, nell'altro sulla fisica moderna.

In particolare, il laureato magistrale in Physics of Complex Systems si caratterizza per una approfondita conoscenza e padronanza dei concetti e dei metodi della moderna fisica teorica, in particolare statistica (e sue connessioni con la teoria dell'informazione) e quantistica, e dei relativi metodi computazionali. Si caratterizza inoltre per una formazione specifica sulle applicazioni di queste discipline a problemi complessi di fisica dei materiali, di ingegneria, di inferenza e ottimizzazione combinatoria, di biofisica, in particolare molecolare e cellulare, e di bioinformatica.

Il laureato magistrale in Ingegneria Matematica si caratterizza per la sua conoscenza sia delle tecnologie dell'Ingegneria che delle metodologie della Matematica Applicata per descrivere e risolvere problematiche complesse, che richiedono un'approfondita indagine di tipo modellistico-numerico e di tipo probabilistico-statistico. La preparazione dell'Ingegnere Matematico è finalizzata a preparare una figura professionale capace di dedurre modelli matematici sia deterministici che stocastici di fenomeni naturali e processi industriali, di analizzarli dal punto di vista qualitativo, di simulare i fenomeni di interesse al computer.

Al fine di favorire il processo di internazionalizzazione del Politecnico di Torino il corso di Laurea Magistrale in Physics of Complex Systems si svolge nelle sedi di Torino Politecnico, Trieste SISSA e Parigi 6, 7, e 11, ed è erogato totalmente in lingua inglese. Il corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Matematica è invece erogato in lingua italiana nella sede di Torino Politecnico.

Le caratterizzazioni dei due corsi di Laurea Magistrale hanno determinato una differenziazione per più di 30 crediti per cui, sulla base delle indicazioni della nota ministeriale 160/09, il Politecnico di Torino ha scelto di istituire due diversi corsi di studio all'interno della stessa classe.

<b>Sbocchi occupazionali e professionali previsti per i laureati</b>
<b>Ingegnere matematico specializzato in modellazione matematica e simulazione numerica</b>
<p><b>funzione in un contesto di lavoro:</b>  E' un professionista dotato sia di una buona preparazione ingegneristica che di una solida preparazione matematica. Ciò lo rende particolarmente adatto all'inserimento in gruppi di ricerca e sviluppo e di progettazione che richiedono studi progettuali approfonditi, basati sull'uso di procedure matematiche avanzate, al fine di sviluppare modelli matematici e di eseguire simulazioni numeriche.</p> <p>L'approfondita conoscenza dei fondamenti matematici dei problemi da risolvere numericamente e le basi informatiche lo rende capace di sviluppare codici di simulazione ottimizzati e affidabili per i diversi contesti applicativi.</p>
<p><b>competenze associate alla funzione:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Partendo dal problema applicativo identifica e deduce il modello matematico da usare sulla base di un compromesso tra accuratezza desiderata e complessità tollerata, ricercando una soddisfacente aderenza alla realtà e ottimizzando i costi in termini di tempo e di denaro.</li> <li>- Utilizza i più aggiornati metodi numerici e metodologie di visualizzazione e rappresentazione della soluzione utili a riportare i risultati ai collaboratori di altre discipline.</li> <li>- Utilizza i più aggiornati strumenti di calcolo computazionale.</li> <li>- Raccoglie ed analizza dati e programmi utili ai fini aziendali.</li> <li>- Utilizza con competenza software di tipo numerico e statistico, costruendo anche ex-novo codici di calcolo o di interfaccia, oppure adattando codici esistenti a nuove esigenze.</li> </ul>
<p><b>sbocchi occupazionali:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Società di produzione di beni industriali</li> <li>- Aziende informatiche</li> <li>- Agenzie ambientali</li> <li>- Industrie biomediche</li> <li>- Società di progettazione e/o gestione di complesse strutture di ingegneria civile</li> <li>- Società di ingegneria specializzate nella simulazione</li> <li>- Centri e laboratori di ricerca</li> </ul>
<b>Ingegnere matematico specializzato in probabilità, statistica e trattamento di dati</b>
<p><b>funzione in un contesto di lavoro:</b>  E' in grado di creare e gestire le basi di dati anche di grandi dimensioni, di estrarre informazioni utili e di fornire modelli interpretativi dai dati presenti nelle basi di dati aziendali, su internet e nei social networks.</p> <p>Può prendere iniziative autonome nella pianificazione di esperimenti o di ricerche, fornendo ai colleghi soluzioni originali per ottenere i dati necessari.</p> <p>Grazie alle sue conoscenze matematiche, statistiche, numeriche e informatiche l'Ingegnere Matematico è in grado di supportare le aziende nei vari settori produttivi nell'ambito decisionale e progettuale estraendo dai dati a disposizione dell'azienda informazioni di valore da utilizzare nel processo di gestione, produzione, pianificazione e sviluppo.</p>
<p><b>competenze associate alla funzione:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pianifica esperimenti, sondaggi e ricerche di mercato in maniera autonoma e con una visione complessiva degli scopi dell'impresa.</li> <li>- Analizza i risultati delle ricerche, individuandone e valorizzandone il contenuto informativo e inferenziale e fornendo delle solide basi di supporto alle decisioni aziendali.</li> <li>- Analizza le dinamiche di reti (sociali, biologiche, infrastrutturali, logistiche).</li> <li>- Affronta problemi di ottimizzazione identificando le migliori soluzioni anche di problemi vincolati, sia di tipo continuo che discreto che su reti.</li> <li>- Utilizzando gli strumenti della matematica dell'incerto affronta problematiche e situazioni caratterizzate da un'alta aleatorietà, come quelle presenti nel mondo delle assicurazioni, degli investimenti, della qualità, dell'analisi di rischio, della biologia e della medicina.</li> <li>- Pianifica la raccolta dati analizzandone a priori il contenuto di informazione che essi possono fornire.</li> <li>- Raccoglie e prepara i dati per una analisi successiva.</li> <li>- Utilizza metodi statistici e matematici insieme a strumenti informatici per la classificazione ed estrazione delle informazioni dai dati, valutando anche l'adeguatezza e l'attendibilità degli strumenti utilizzati nel particolare contesto di applicazione.</li> <li>- Applica tecniche statistiche al miglioramento continuo della produzione con tecniche sia on-line (controllo di qualità di processo) che off-line (sperimentazione per l'innovazione).</li> </ul>
<p><b>sbocchi occupazionali:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aziende manifatturiere</li> <li>- Società di consulenza</li> <li>- Banche</li> <li>- Assicurazioni</li> <li>- Industrie biomediche e farmaceutiche</li> <li>- Centri e i laboratori di ricerca</li> <li>- Società di servizi</li> </ul>
<b>Consulente scientifico in aziende di servizi per le industrie</b>
<p><b>funzione in un contesto di lavoro:</b>  Grazie alla formazione interdisciplinare ricevuta, l'ingegnere matematico è particolarmente adatto a lavorare in aziende di consulenza, sia di tipo gestionale che informatico; in tali contesti infatti piuttosto che una specializzazione specifica serve una spiccata versatilità e multidisciplinarietà, con competenze generali di tutte le Ingegnerie, degli aspetti economici e dei metodi di previsione e simulazione degli scenari possibili.</p>
<p><b>competenze associate alla funzione:</b>  Supporta i processi decisionali legati alla specifica richiesta di miglioramento della produzione e della gestione commissionata di volta in volta all'azienda di consulenza, abbinando la sua solida formazione matematico-fisica e le competenze proprie di più settori dell'Ingegneria.</p>
<p><b>sbocchi occupazionali:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Società di produzione di beni industriali</li> <li>- Società di consulenza</li> <li>- Aziende informatiche</li> </ul>
<b>Il corso prepara alla professione di (codifiche ISTAT)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisti e progettisti di software - (2.1.1.4.1)</li> </ul>

- Matematici - (2.1.1.3.1)
- Statistici - (2.1.1.3.2)
- Ricercatori e tecnici laureati nelle scienze matematiche e dell'informazione - (2.6.2.1.1)

**Il rettore dichiara che nella stesura dei regolamenti didattici dei corsi di studio il presente corso ed i suoi eventuali curricula differiranno di almeno 30 crediti dagli altri corsi e curriculum della medesima classe, ai sensi del DM 16/3/2007, art. 1 c.2.**

#### Attività caratterizzanti

ambito disciplinare	settore	CFU		minimo da D.M. per l'ambito
		min	max	
Discipline matematiche, fisiche e informatiche	MAT/02 Algebra MAT/03 Geometria MAT/05 Analisi matematica MAT/06 Probabilità e statistica matematica MAT/07 Fisica matematica MAT/08 Analisi numerica MAT/09 Ricerca operativa	32	52	-
Discipline ingegneristiche	ICAR/01 Idraulica ICAR/08 Scienza delle costruzioni ING-IND/06 Fluidodinamica ING-IND/13 Meccanica applicata alle macchine ING-IND/18 Fisica dei reattori nucleari ING-IND/31 Elettrotecnica ING-INF/02 Campi elettromagnetici ING-INF/04 Automatica ING-INF/05 Sistemi di elaborazione delle informazioni	24	40	-
<b>Minimo di crediti riservati dall'ateneo minimo da D.M. 45:</b>		-		

**Totale Attività Caratterizzanti**

56 - 92

#### Attività affini

ambito disciplinare	CFU		minimo da D.M. per l'ambito
	min	max	
Attività formative affini o integrative	12	18	<b>12</b>

**Totale Attività Affini**

12 - 18

**Altre attività**

<b>ambito disciplinare</b>		<b>CFU min</b>	<b>CFU max</b>
A scelta dello studente		12	18
Per la prova finale		16	30
Ulteriori attività formative (art. 10, comma 5, lettera d)	Ulteriori conoscenze linguistiche	-	-
	Abilità informatiche e telematiche	-	-
	Tirocini formativi e di orientamento	0	12
	Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	-	-
Minimo di crediti riservati dall'ateneo alle Attività art. 10, comma 5 lett. d		3	
Per stages e tirocini presso imprese, enti pubblici o privati, ordini professionali		0	12
<b>Totale Altre Attività</b>		31 - 72	

**Riepilogo CFU**

<b>CFU totali per il conseguimento del titolo</b>	<b>120</b>
<b>Range CFU totali del corso</b>	99 - 182

**Note attività affini (o Motivazioni dell'inserimento nelle attività affini di settori previsti dalla classe).**

**Note relative alle altre attività**

**Note relative alle attività caratterizzanti**

RAD chiuso il 28/11/2024