

Università	Politecnico di TORINO				
Classe	LM-44 R - Modellistica matematico-fisica per l'ingegneria				
Atenei in convenzione	Ateneo	data conv	durata conv	data provvisoria	vedi conv
	Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati di Trieste	27/01/2010		S	
	Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris (Francia)	27/01/2010		S	
	École normale supérieure (CLMA) - Cachan (Francia)	27/01/2010		S	
	Université Orsay (Paris 11) - Paris (Francia)	27/01/2010		S	
	Université Paris Diderot (Paris 7) - Paris (Francia)	27/01/2010		S	
Tipo di titolo rilasciato	Congiunto				
Nome del corso in italiano	Fisica dei sistemi complessi <i>modifica di: Fisica dei sistemi complessi (1426368)</i>				
Nome del corso in inglese	Physics of Complex Systems				
Lingua in cui si tiene il corso	italiano, inglese				
Codice interno all'ateneo del corso	37573				
Data di approvazione della struttura didattica	10/12/2024				
Data di approvazione del senato accademico/consiglio di amministrazione	30/01/2025				
Data della consultazione con le organizzazioni rappresentative a livello locale della produzione, servizi, professioni	18/01/2010 -				
Data del parere favorevole del Comitato regionale di Coordinamento	29/01/2010				
Modalità di svolgimento	a. Corso di studio convenzionale				
Eventuale indirizzo internet del corso di laurea	https://www.polito.it/corsi/37-24				
Dipartimento di riferimento ai fini amministrativi	SCIENZA APPLICATA E TECNOLOGIA				
EX facoltà di riferimento ai fini amministrativi					
Massimo numero di crediti riconoscibili	24 - max 24 CFU, da DM 931 del 4 luglio 2024				
Corsi della medesima classe	Ingegneria matematica				

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 corso è di nuova istituzione. Le risorse di personale, tecnologiche e materiali appaiono sufficienti. Il Nucleo di Valutazione constata come la progettazione del Corso di Laurea Magistrale in Physics of Complex Systems LM-44, sia stata effettuata nell'ambito dell'azione di coordinamento condotta a livello complessivo di Ateneo – come si evince dai verbali del Senato Accademico. A parere del Nucleo, la proposta risulta quindi adeguatamente progettata, con obiettivi formativi chiaramente formulati.

Il Nucleo conferma inoltre che il Corso di Laurea è proposto dalla III Facoltà di Ingegneria che soddisfa i requisiti di docenza con risorse proprie.

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

L'obiettivo del corso di laurea magistrale in Physics of Complex Systems consiste nel formare una figura professionale in grado di applicare congiuntamente le conoscenze e le metodologie della fisica moderna (statistica e quantistica) e dell'ingegneria, con particolare riferimento al settore dell'informazione, alla modellizzazione e simulazione di Sistemi complessi, ovvero sistemi costituiti da molti gradi di libertà tra loro correlati.

I laureati di questo corso di studi, interagendo con esperti di settori specifici, saranno in grado di utilizzare strumenti analitici e computazionali per sviluppare modelli e risolvere problemi complessi rilevanti in un ampio spettro di discipline: innanzitutto la fisica (ad esempio la comprensione di come il comportamento di un nuovo materiale sia determinato dalla presenza del disordine o dagli effetti quantistici) e l'ingegneria dell'informazione (ad esempio la ricostruzione di informazione danneggiata da rumore), ma anche la biofisica (simulazione di biomolecole e rational drug design), la bioinformatica (allineamento di sequenze genetiche, ricostruzione di reti di interazione tra biomolecole), la medicina (analisi di profili di espressione genica e supporto alla diagnosi), le discipline socio-economiche (modellizzazione e simulazione del traffico, analisi di dati dalla web economy).

Gli obiettivi specifici della formazione consisteranno quindi nel fornire le seguenti competenze:

- saper formulare un modello, usando gli strumenti della fisica e della teoria dell'informazione, di un sistema con molti gradi di libertà tra loro interagenti;
- saper stimare (inferire) i parametri di un modello analizzando grandi quantità di dati;
- saper analizzare (risolvere) un modello, utilizzando strumenti analitici e computazionali (in particolare simulazioni);
- saper predire, partendo da un modello, effetti, comportamenti e proprietà di un sistema complesso
- saper interagire con specialisti di settori affini (ad esempio biologi, teorici dell'informazione, ingegneri, economisti).

Un obiettivo specifico particolarmente importante è quello di preparare i laureati di questo corso ad affrontare un percorso di dottorato di ricerca in uno degli ambiti disciplinari approfonditi.

Gli insegnamenti del corso di studi sono organizzati nelle seguenti quattro aree disciplinari.

1. Fisica statistica e processi stocastici: questa area forma lo studente su tematiche avanzate di fisica statistica relative a transizioni di fase, sistemi eterogenei e disordinati, teoria statistica dei campi, processi stocastici e sistemi fuori dall'equilibrio.
2. Fisica quantistica: quest'area fornisce gli strumenti avanzati di fisica quantistica per affrontare lo studio dei sistemi quantistici caratterizzati da un grande numero di gradi di libertà tra loro correlati, gli effetti di interazione, le transizioni di fase quantistiche, la dinamica quantistica di fuori equilibrio
3. Algoritmi, metodi numerici e di simulazione: questa area forma lo studente sui concetti della complessità computazionale, sui principali metodi numerici e di simulazione utilizzati nella fisica moderna e sui principali algoritmi per la soluzione di problemi complessi di inferenza statistica e ottimizzazione combinatoria, permettendogli di comprendere le relazioni che intercorrono tra queste metodologie.
4. Sistemi biologici: questa area di apprendimento forma alla modellizzazione e all'analisi di problemi complessi nel campo della biologia, fornendo il linguaggio e le conoscenze necessarie nei settori delle neuroscienze, della biofisica molecolare e cellulare e della bioinformatica, e inquadrando alla luce

delle metodologie fisico-statistiche e computazionali.

Il corso di studi prevede due possibili percorsi: un percorso internazionale, con un programma di mobilità obbligatorio, ed un percorso interamente in sede. Entrambi i percorsi prevedono quattro semestri.

Percorso Internazionale

Questo percorso prevede una mobilità obbligatoria tra le sedi di Trieste, presso SISSA (Scuola Internazionale di Studi Superiori Avanzati, una scuola di dottorato a forte vocazione internazionale) e ICTP (The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, un'istituzione UNESCO), Torino, presso il Politecnico, e Parigi, presso un consorzio formato dalle Università Sorbonne, Paris Cité e Paris-Saclay. Infine, il quarto semestre è dedicato ad una scuola primaverile multidisciplinare (Spring College on the Physics of Complex Systems), costituita da vari moduli che introducono temi attuali di ricerca, e al lavoro di tesi. La tesi può essere svolta in uno qualunque degli atenei partner o presso un gruppo di ricerca di un'altra sede proposta dallo studente. Il percorso di studi si svolge interamente in inglese e permette di conseguire un doppio titolo, erogato dal Politecnico di Torino e da uno degli atenei della sede di Parigi.

Percorso Nazionale

Il programma di studi è aderente a quello del percorso internazionale ma è svolto interamente al Politecnico di Torino. In particolare, il secondo semestre del primo anno è condiviso dai due percorsi. Tutti gli insegnamenti obbligatori sono in lingua inglese, come alcuni degli insegnamenti a scelta, così che il percorso Nazionale può essere svolto totalmente in lingua inglese.

La tesi può essere svolta in uno qualunque degli atenei partner o presso un gruppo di ricerca di un'altra sede proposta dallo studente.

Descrizione sintetica delle attività affini e integrative

Rientrano tra le attività affini e integrative quelle attività formative (insegnamenti, o parti di essi) che ampliano la formazione dello studente con una particolare attenzione ad alcuni aspetti di interdisciplinarietà, fondamentali in una laurea magistrale che ha tra i suoi obiettivi formativi quello di fornire agli studenti una solida preparazione sulle metodologie della fisica moderna (statistica e quantistica) e dell'ingegneria dell'informazione e sulle loro possibili applicazioni alla modellizzazione di sistemi complessi in diversi ambiti scientifici e tecnologici. In particolare, possono rientrare in questo ambito attività formative relative a sistemi dinamici e non lineari, sistemi biologici, applicazioni basate su processi stocastici, modellizzazione e analisi sperimentale di problemi della fisica dello stato solido e della materia condensata, all'equilibrio e fuori dall'equilibrio.

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 CdS forma lo studente alla ricerca, attraverso una preparazione centrata sui concetti e metodi avanzati della fisica statistica, quantistica e della materia, con un'enfasi particolare sugli aspetti teorici e computazionali.

Queste metodologie rendono possibile lo studio di diversi problemi di natura fortemente interdisciplinare.

Il percorso di formazione si conclude con il lavoro di tesi, che porta lo studente ad approfondire le sue conoscenze nell'ambito di un problema ben definito nella ricerca in fisica dei sistemi complessi. E nel caso del percorso internazionale con uno "Spring College" internazionale, occasione di incontro con altri studenti che lavorano su tematiche fortemente interdisciplinari.

Modalità didattiche

La lezione frontale e lo studio individuale sono gli strumenti di elezione per far comprendere allo studente i concetti e i metodi più avanzati della moderna fisica teorica e molte loro applicazioni. In aggiunta ai materiali tradizionalmente utilizzati (appunti dello studente, note del docente, testi consigliati) è frequente l'utilizzo di articoli scientifici. Conoscenze e capacità di comprensione sono inoltre consolidate attraverso le esercitazioni in aula, anche con problemi proposti durante una lezione e discussi dopo un certo tempo, in modo da lasciare allo studente il tempo per affrontarli individualmente.

Particolare attenzione è dedicata a forme di didattica esperienziale, invitando gli studenti a risolvere gli esercizi proposti in maniera attiva attraverso il mutuo confronto e interazione.

Sul percorso internazionale, un ruolo particolare è giocato dallo Spring College, scuola intensiva a carattere residenziale della durata di 4 settimane, durante la quale vengono proposti 5-6 corsi brevi raggruppati in 2 blocchi di 2 settimane ciascuno, con esami al termine di ogni blocco.

Le attività didattiche si svolgono prevalentemente in lingua inglese, che costituisce l'unica lingua sul percorso internazionale, e la lingua di tutti gli insegnamenti obbligatori del Percorso Nazionale.

Mentre il percorso nazionale si svolge interamente al Politecnico di Torino, il percorso internazionale prevede un programma di mobilità obbligatorio.

Durante il primo semestre, che si svolge presso la sede di Trieste, e durante il terzo, che si svolge a Parigi, gli studenti hanno la possibilità di confrontarsi con studenti di altri percorsi (Diploma Programme ICTP, dottorati SISSA e percorso nazionale "Systèmes Complexes" a Parigi, frequentato anche da studenti dell'École Normale Supérieure) con i quali condividono alcuni insegnamenti.

Modalità di verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e la capacità di comprensione vengono verificate attraverso prove scritte (che tipicamente richiedono di risolvere esercizi) e orali, e in molti casi attraverso approfondimenti di un argomento specifico, concordato con il docente, da parte dello studente, attività che può prevedere lo studio di articoli scientifici.

Anche le attività di verifica dell'apprendimento si svolgono prevalentemente in lingua inglese.

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

Il Corso di Laurea Magistrale conduce lo studente ad utilizzare metodologie della moderna fisica teorica per modellizzare fenomeni fisici complessi, e a saper scegliere i metodi computazionali e gli algoritmi più appropriati alla risoluzione di tali modelli. Le conoscenze acquisite vengono applicate in contesti fortemente interdisciplinari, riguardanti ad esempio sistemi biologici, problemi della teoria dell'informazione e dell'apprendimento, nonché problemi in contesti ispirati dall'ingegneria. Il lavoro di tesi e lo Spring College stimolano lo studente ad applicare le conoscenze acquisite nei primi 3 semestri a problemi attuali nell'ambito della ricerca in fisica dei sistemi complessi e aiutano lo studente ad orientare le sue scelte future.

Modalità didattiche

La capacità di applicare conoscenza e comprensione viene sviluppata durante i 3 semestri dedicati agli insegnamenti, attraverso attività di laboratorio e progetti di modellizzazione computazionale, tipicamente svolte in gruppo, e in special modo nel quarto semestre durante la tesi, che permette allo studente di sperimentare le modalità tipiche del lavoro di ricerca in fisica dei sistemi complessi (definizione di un problema, ricerca e studio della letteratura scientifica, elaborazione di un modello e/o di una metodologia di soluzione, eventuale implementazione computazionale, analisi e presentazione dei risultati) sotto la supervisione di un docente.

Modalità di verifica dell'apprendimento

In aggiunta alle modalità precedentemente citate, la capacità di applicare conoscenza e comprensione viene verificata attraverso prove pratiche di natura computazionale, attività di laboratorio, progetti di modellizzazione computazionale, e durante lo svolgimento della tesi. Le attività di laboratorio e i progetti prevedono la redazione e la discussione di una relazione e/o di un codice. Il lavoro di tesi è naturalmente caratterizzato da un monitoraggio continuo da parte del docente supervisore, dalla redazione di un elaborato e dalla discussione, che in caso di conseguimento del doppio titolo (percorso internazionale) avviene di fronte a due distinte commissioni.

In tutti questi casi le attività citate si svolgono in lingua inglese per tutti gli insegnamenti del percorso internazionale e per tutti gli insegnamenti obbligatori del percorso Nazionale, oltre che per buona parte degli insegnamenti a scelta del percorso Nazionale stesso.

Autonomia di giudizio (making judgements)

Gli studenti acquisiscono autonomia di giudizio e capacità critica a vari livelli, in particolare:

- imparando a formulare un modello di un sistema complesso, attività che richiede di individuare i gradi di libertà rilevanti e le interazioni tra di essi;

- imparando a scegliere le tecniche, analitiche e/o computazionali, più adatte a risolvere, in maniera esatta o approssimata, il modello formulato;
- imparando ad interpretare i risultati ottenuti attraverso la soluzione del modello.

Lo sviluppo di queste abilità avviene certamente durante la rielaborazione individuale del materiale presentato a lezione, ma lo Spring College (nel percorso internazionale) e il lavoro di tesi rivestono un'importanza particolare, per il maggior grado di autonomia richiesta allo studente in queste attività. Il livello di acquisizione dell'autonomia di giudizio viene quindi verificato durante gli esami di ciascun insegnamento, ma in particolare durante la Scuola primaverile e il lavoro di tesi.

Abilità comunicative (communication skills)

Lezioni, esercitazioni ed esami si svolgono prevalentemente in lingua inglese: nel caso del percorso Internazionale ciò avviene per tutti gli insegnamenti, mentre per il percorso Nazionale la lingua inglese caratterizza tutti gli insegnamenti obbligatori e vari insegnamenti a scelta. Ciò permette agli studenti di praticare e approfondire questa lingua, per quanto riguarda sia la lettura e la scrittura che la conversazione. Inoltre, la natura internazionale del corso, che prevede la compresenza di studenti di varie nazionalità (principalmente italiana e francese) e, nel caso del percorso internazionale, della permanenza in diverse sedi (Trieste, Torino, Parigi) stimola il confronto tra realtà differenti e lo sviluppo di relazioni in un contesto almeno europeo.

Le attività di laboratorio computazionale offrono la possibilità di migliorare la capacità di lavorare in gruppo.

Capacità di apprendimento (learning skills)

La formazione ha un'impronta prettamente metodologica e multidisciplinare, il che permette agli studenti di maturare la capacità di continuare a formarsi autonomamente, anche una volta terminato il corso di studi, sugli sviluppi scientifici e tecnologici più recenti. La tesi di laurea magistrale è un momento particolarmente importante nello sviluppo di queste capacità. In particolare, gli studenti sono messi in condizione di affrontare un percorso di dottorato di ricerca, o un master di secondo livello, in discipline fisiche o ingegneristiche, in Italia o all'estero.

Il livello di acquisizione di questa capacità viene naturalmente verificato durante gli esami di ciascun insegnamento, e in modo particolare durante il lavoro di tesi.

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 40 cfu sui settori scientifico-disciplinari CHIM/07, FIS/01, FIS/03, MAT/02, MAT/03, MAT/05 e 60 cfu sui settori scientifico-disciplinari CHIM/07, FIS/01, FIS/02, FIS/03, FIS/04, INF/01, ING-IND/31, ING-INF/01, ING-INF/02, ING-INF/05, ING-INF/07, MAT/06, MAT/07, MAT/08.

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, i criteri per il riconoscimento della conoscenza certificata della lingua inglese e le modalità di superamento della prova di accesso a numero programmato sono riportati nel regolamento didattico del corso di studio.

Caratteristiche della prova finale

(DM 270/04, art 11, comma 3-d)

La prova finale ha un valore di 30 crediti, corrispondenti a un periodo di tempo di circa un semestre di lavoro a tempo pieno. Per il percorso internazionale è costituita da una tesi da 18 crediti e dallo Spring College da 12 crediti. Per il percorso nazionale è costituita da una tesi da 30 crediti, oppure, in alternativa, da un tirocinio in azienda da 12 crediti seguito da una tesi da 18 crediti.

La tesi ha come oggetto un'analisi, un progetto o un'applicazione a carattere innovativo, relativi ad argomenti coerenti con gli obiettivi formativi del corso di studi, e lo sviluppo di un elaborato scritto conclusivo (Tesi di Laurea). Gli insegnamenti del secondo anno sono distribuiti in modo da poter dedicare un adeguato periodo allo sviluppo della prova finale. E' ammesso alla prova finale lo studente che ha completato il restante percorso formativo.

La tesi di Laurea Magistrale rappresenta una verifica complessiva della padronanza di contenuti tecnici e delle capacità di organizzazione, di comunicazione, e di lavoro individuali, relativamente allo sviluppo di analisi o di progetti complessi. Le attività previste nella prova finale richiedono normalmente l'applicazione di quanto appreso in più insegnamenti, l'integrazione con elementi aggiuntivi e la capacità di proporre spunti innovativi. L'argomento e le attività relative alla prova finale sono concordati con un docente del Politecnico (un relatore di tesi e un referente del tirocinio, nel caso quest'ultimo sia previsto). Le attività possono essere condotte anche presso altri enti o aziende, in Italia o all'estero, sotto la supervisione di un docente relatore del Politecnico e di un tutore dell'ente esterno.

Le attività relative alla preparazione della Tesi di Laurea ed i relativi risultati devono essere presentati e discussi pubblicamente, in presenza di una commissione di docenti che esprime una valutazione del lavoro svolto e della presentazione.

La tesi di Laurea e la presentazione devono essere in lingua inglese per il percorso internazionale, mentre possono essere in lingua inglese oppure italiana per il percorso nazionale.

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

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 calcolatore.

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.

Sbocchi occupazionali e professionali previsti per i laureati
Esperto in modellizzazione e simulazione di processi stocastici
funzione in un contesto di lavoro: Questa figura professionale contribuisce alla soluzione di problemi dinamici caratterizzati da grandi fluttuazioni casuali, quali quelli che si incontrano ad esempio nell'analisi dei mercati finanziari o nella dinamica di fluidi turbolenti. Interagisce con esperti del problema specifico allo scopo di acquisire grandi masse di dati su di esso, ne elabora una descrizione in termini di un opportuno processo stocastico, e ne caratterizza le proprietà in termini probabilistici, arrivando dove possibile a formulare delle previsioni e a stimarne l'attendibilità.
competenze associate alla funzione: Questa figura professionale è in grado di: - interagire con esperti di discipline specifiche - mantenere il contatto con lo stato dell'arte nella ricerca accademica nel settore - descrivere, per mezzo di un processo stocastico, un sistema caratterizzato da grandi fluttuazioni casuali - formulare delle previsioni in termini probabilistici e stimarne l'attendibilità - comunicare i risultati ad interlocutori con competenze in diverse discipline, anche in un contesto internazionale
sbocchi occupazionali: - Società di analisi dei mercati finanziari - Società di assicurazione - Banche - Organizzazioni finanziarie sovranazionali - Centri e laboratori di ricerca pubblici e privati
Esperto in modellizzazione e descrizione degli effetti quantistici nella materia
funzione in un contesto di lavoro: Questa figura professionale contribuisce alla comprensione di come gli effetti quantistici ed i fenomeni collettivi determinino comportamenti peculiari della materia sotto opportune condizioni, con particolare riferimento alle applicazioni alle scienze e tecnologie quantistiche. Si tratta di un profilo professionale in grado di collaborare con esperti della modellizzazione delle proprietà quantistiche, sviluppare modelli per predire nuovi fenomeni e per spiegare osservazioni sperimentali, studiarne le applicazioni ad esempio ai nanomateriali innovativi e ai simulatori quantistici realizzati con atomi ultrafreddi.
competenze associate alla funzione: Questa figura professionale è in grado di: - interagire con esperti di applicazioni specifiche - mantenere il contatto con lo stato dell'arte nella ricerca accademica nel settore - elaborare, sulla base di una profonda conoscenza della fisica della materia, nuovi modelli computazionali, o adattare opportunamente modelli già noti, identificando i gradi di libertà rilevanti e le scale spaziali e temporali opportune - simulare i modelli proposti, se necessario coordinando un opportuno gruppo di lavoro, analizzare i risultati delle simulazioni e ottimizzare di conseguenza le proprietà dei materiali considerati - comunicare i risultati ad interlocutori con competenze in diverse discipline, anche in un contesto internazionale
sbocchi occupazionali: - Università e centri di ricerca pubblici e privati - Aziende che operano nelle scienze e tecnologie quantistiche
Esperto di problemi di inferenza, ottimizzazione e machine learning
funzione in un contesto di lavoro: Questa figura professionale contribuisce alla determinazione di soluzioni ottime e/o subottime a problemi di ottimizzazione e di inferenza statistica, definiti intrattabili nel linguaggio della complessità computazionale, caratterizzati dalla presenza di un grande numero di vincoli o interazioni, i quali sono spesso in competizione tra loro, rendendo il problema frustrato. La figura si inserisce in contesti che richiedono l'elaborazione di grandi quantità di dati e integra metodologie tradizionali di ottimizzazione e inferenza con tecniche moderne di machine learning, inclusi approcci basati su reti neurali. Problemi di questo tipo si incontrano in un ampio spettro di discipline, tutte caratterizzate dalla necessità di elaborare grandi quantità di informazione. Tra questi troviamo: il compressed sensing e le sue applicazioni, l'ottimizzazione combinatoria di sistemi a vincoli, l'allineamento di sequenze biologiche e, la ricostruzione di reti di interazione tra macromolecole in biologia, la modellizzazione anche a scopo predittivo di funzioni di fitness in famiglie di proteine, lo studio di problemi di inferenza in contesti dinamici e su rete.
competenze associate alla funzione: Questa figura professionale è in grado di: - interagire con esperti di problemi specifici - mantenere il contatto con lo stato dell'arte nella ricerca accademica nel settore, incluse aree di ricerca emergenti come (physics-informed) machine learning e intelligenza artificiale; - elaborare una descrizione del problema in termini di gradi di libertà interagenti su di un grafo o altra struttura matematica opportuna - individuare i metodi e gli algoritmi più adatti ad una soluzione, tipicamente approssimata, del problema - implementare questi algoritmi in un linguaggio di programmazione, eventualmente coordinando un opportuno gruppo di lavoro - analizzare, tipicamente in termini probabilistici, le proprietà delle soluzioni ottenute - comunicare i risultati ad interlocutori con competenze in diverse discipline, anche in un contesto internazionale accademico o aziendale.
sbocchi occupazionali: - Centri e laboratori di ricerca pubblici e privati - Grandi società di consulenza - Aziende che operano nel settore dell'elaborazione delle informazioni (es. telecomunicazioni, bioinformatica, data analysis...)
Esperto in modellizzazione e simulazione di sistemi biologici
funzione in un contesto di lavoro: Questa figura professionale contribuisce ai processi di analisi di dati di natura biologica, e di progettazione di nuovi farmaci (rational drug design). Interagisce con biologi e medici al fine di acquisire grandi masse di dati di natura genomica, trascrittomica e proteomica, elabora modelli che le descrivono e li analizza, anche in collaborazione con bioinformatici. Inoltre, si occupa di modellizzare e simulare macromolecole biologiche, con particolare attenzione ai fenomeni di folding, binding, sorting e dinamiche molecolari. Questo viene svolto utilizzando metodologie ispirate alla fisica computazionale e avvalendosi delle più avanzate tecniche di apprendimento automatico e reti neurali.
competenze associate alla funzione: Questa figura professionale è in grado di: - interagire con esperti di biologia molecolare e cellulare, bioinformatica e discipline biomediche - mantenere il contatto con lo stato dell'arte nella ricerca accademica nel settore, incluse aree di ricerca emergenti come (physics-

informed) machine learning e intelligenza artificiale;

- elaborare e simulare, se necessario coordinando un opportuno gruppo di lavoro, modelli di sistemi biologici, macromolecole biologiche e di reti di interazione tra tali macromolecole
- analizzare grandi masse di dati di provenienza biologica (es. sequenze e strutture di macromolecole biologiche, profili di espressione genica, interazioni proteina-proteina e proteine-acidi nucleici, ...)
- comunicare i risultati ad interlocutori con competenze in diverse discipline, anche in un contesto internazionale accademico o aziendale.

sbocchi occupazionali:

- Centri e laboratori di ricerca pubblici e privati
- Aziende farmaceutiche
- Società bioinformatiche

Il corso prepara alla professione di (codifiche ISTAT)

- Fisici - (2.1.1.1.1)

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	FIS/02 Fisica teorica modelli e metodi matematici FIS/03 Fisica della materia	36	52	-
Discipline ingegneristiche	ICAR/01 Idraulica ING-IND/06 Fluidodinamica ING-IND/22 Scienza e tecnologia dei materiali ING-INF/04 Automatica ING-INF/05 Sistemi di elaborazione delle informazioni	14	28	-
Minimo di crediti riservati dall'ateneo minimo da D.M. 45:		-		

Totale Attività Caratterizzanti

50 - 80

Attività affini

ambito disciplinare	CFU		minimo da D.M. per l'ambito
	min	max	
Attività formative affini o integrative	12	20	12

Totale Attività Affini

12 - 20

Altre attività

ambito disciplinare		CFU min	CFU max
A scelta dello studente		8	14
Per la prova finale		18	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
Totale Altre Attività		29 - 68	

Riepilogo CFU

CFU totali per il conseguimento del titolo	120
Range CFU totali del corso	91 - 168

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 20/02/2025