
















<b>Università</b>	Politecnico di TORINO																														
<b>Classe</b>	LM-44 - Modellistica matematico-fisica per l'ingegneria																														
<b>Atenei in convenzione</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ateneo</th> <th>data conv</th> <th>durata conv</th> <th>data provvisoria</th> <th>vedi conv</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati di Trieste</td> <td>27/01/2010</td> <td></td> <td>S</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris (Francia)</td> <td>27/01/2010</td> <td></td> <td>S</td> <td></td> </tr> <tr> <td>École normale supérieure (CLMA) - Cachan (Francia)</td> <td>27/01/2010</td> <td></td> <td>S</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Université Orsay (Paris 11) - Paris (Francia)</td> <td>27/01/2010</td> <td></td> <td>S</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Université Paris Diderot (Paris 7) - Paris (Francia)</td> <td>27/01/2010</td> <td></td> <td>S</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	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	
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																												
<b>Tipo di titolo rilasciato</b>	Congiunto																														
<b>Nome del corso in italiano</b>	Fisica dei sistemi complessi <i>adeguamento di: Fisica dei sistemi complessi (1425210)</i>																														
<b>Nome del corso in inglese</b>	Physics of Complex Systems																														
<b>Lingua in cui si tiene il corso</b>	italiano, inglese																														
<b>Codice interno all'ateneo del corso</b>	37024																														
<b>Data di approvazione della struttura didattica</b>	28/03/2023																														
<b>Data di approvazione del senato accademico/consiglio di amministrazione</b>	06/04/2023																														
<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>	29/01/2010																														
<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/37-24">https://www.polito.it/corsi/37-24</a>																														
<b>Dipartimento di riferimento ai fini amministrativi</b>	SCIENZA APPLICATA E TECNOLOGIA																														
<b>EX facoltà di riferimento ai fini amministrativi</b>																															
<b>Massimo numero di crediti riconoscibili</b>	12 DM 16/3/2007 Art 4 <a href="#">Nota 1063 del 29/04/2011</a>																														
<b>Corsi della medesima classe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ingegneria matematica</li> </ul>																														

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

I laureati nei corsi di laurea magistrale della classe associano ad una conoscenza approfondita degli aspetti teorico- scientifici della matematica e delle altre scienze di base, con particolare riferimento alla fisica, un'avanzata conoscenza degli aspetti teorico-scientifici dell'ingegneria in generale, con riferimento ad almeno un suo settore (civile, ambientale e del territorio, dell'informazione e industriale); hanno le competenze avanzate per affrontare i problemi sperimentali, computazionali, tecnologici, economici, epistemologici connessi con la costruzione, la verifica della validità e l'utilizzazione di modelli; sono pertanto capaci di utilizzare tali conoscenze e competenze per identificare, interpretare, descrivere, formulare e risolvere problemi dell'ingegneria anche complessi. Sono inoltre dotati di conoscenze nel campo dell'organizzazione aziendale (cultura d'impresa) e dell'etica professionale.

I curricula dei corsi di laurea della classe comprendono attività finalizzate ad acquisire:

- approfondite conoscenze matematiche di base e modelli matematici per sistemi discreti e continui;
- solide conoscenze informatiche, di modelli deterministici e stocastici, di metodi di simulazione e metodi di calcolo numerico e simbolico;
- conoscenze sia sperimentali sia teoriche nei diversi settori della fisica classica, nonché dei fondamenti della fisica moderna.

Sono capaci di utilizzare fluentemente, in forma scritta e orale, almeno una lingua dell'Unione Europea oltre l'italiano, con riferimento anche ai lessici disciplinari.

L'ammissione ai corsi di laurea magistrale della classe richiede il possesso di requisiti curriculari che prevedano, comunque, un'adeguata padronanza di metodi e contenuti scientifici generali nelle discipline scientifiche di base e nelle discipline dell'ingegneria, propedeutiche a quelle caratterizzanti previste nell'ordinamento della presente classe di laurea magistrale.

I principali sbocchi occupazionali previsti dai corsi di laurea magistrale della 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. I laureati nei corsi di laurea magistrale della classe potranno esercitare funzioni di elevata responsabilità presso centri di sviluppo e progettazione, pubblici e privati, nei settori tecnologici avanzati dell'industria, laboratori di calcolo e società che forniscono trattazione dei dati e sviluppo di codici di calcolo numerico per l'industria.

Gli atenei organizzano, in accordo con enti pubblici e privati, gli stages e i tirocini.

### **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.

### **Sintesi del parere del comitato regionale di coordinamento**

Il Comitato Regionale di Coordinamento, riunitosi in data 29 gennaio 2010, ha esaminato, fra gli altri punti all'ordine del giorno, le modifiche ai regolamenti didattici di ateneo presentate dagli atenei piemontesi.

Per quanto concerne il Politecnico di Torino, il Comitato ha valutato le proposte di modifica al regolamento didattico di ateneo e, in particolare, quelle inerenti l'istituzione di nuovi percorsi formativi, tenendo in considerazione il parere favorevole espresso dal Nucleo di Valutazione di Ateneo e le motivazioni illustrate nel corso della seduta dal Pro-Rettore.

Al termine di un'approfondita discussione, il Comitato Regionale di Coordinamento esprime parere favorevole relativamente alla nuova istituzione dei corsi di laurea magistrale del Politecnico di Torino di cui al seguente elenco.

I Facoltà di Ingegneria:

- Corso di Laurea Magistrale in Textile Engineering (classe LM-22)

- Corso di Laurea Magistrale in Petroleum Engineering (classe LM-35)

- Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria della Produzione Industriale e Innovazione Tecnologica (classe LM-33).

III Facoltà di Ingegneria:

- Corso di Laurea Magistrale in Physics of Complex Systems (classe LM-44).

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

L'obiettivo del corso di laurea magistrale in Fisica dei Sistemi Complessi 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 interagenti.

I laureati di questo corso saranno in grado di sviluppare e risolvere, utilizzando strumenti analitici e computazionali e interagendo con esperti di settori specifici, modelli di sistemi e problemi complessi rilevanti per diverse discipline: innanzitutto la fisica (si pensi ad esempio alla simulazione del comportamento di nuovi materiali) 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 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, quantistica e sperimentale: quest'area fornisce gli strumenti per affrontare la descrizione, la modellizzazione e la trattazione dei sistemi fisici a molti gradi di libertà e per comprendere le proprietà dei materiali e affrontare la loro modellizzazione.

2. Applicazioni della fisica e della chimica all'ingegneria: quest'area, partendo dallo studio della dinamica dei sistemi, in particolare fluidi, non lineari, arriva a descrivere i fenomeni del caos e della turbolenza; inoltre studia i principali fenomeni fisico-chimici della materia soffice, in cristalli liquidi, polimeri, membrane, gel, materiali granulari.

3. Algoritmi, metodi numerici e di simulazione: quest'area forma ai concetti della complessità computazionale, introduce i principali metodi numerici e di simulazione utilizzati nella fisica moderna e i principali algoritmi per la soluzione di problemi complessi di inferenza statistica e ottimizzazione combinatoria.

4. Sistemi biologici: quest'area 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.

### **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.

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.

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 "Physique Théorique des 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 2 distinte commissioni.

In tutti questi casi le attività citate si svolgono interamente (per il percorso internazionale) o prevalentemente (per il percorso nazionale) in lingua inglese.

#### **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 (interamente nel caso del percorso internazionale e nel secondo semestre del primo anno del percorso nazionale), il che 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, sperimentali e computazionali, 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.

<b>Sbocchi occupazionali e professionali previsti per i laureati</b>
<b>Esperto in simulazione di nuovi materiali</b>
<p><b>funzione in un contesto di lavoro:</b>          Questa figura professionale contribuisce al processo di progettazione di nuovi materiali e di ottimizzazione delle loro caratteristiche. Collabora con esperti di applicazioni specifiche alla definizione delle caratteristiche attese del materiale oggetto di studio e ne ottimizza le proprietà sulla base dei risultati di simulazioni di opportuni modelli.</p>
<p><b>competenze associate alla funzione:</b>          Questa figura professionale è in grado di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- interagire con esperti di applicazioni specifiche</li> <li>- mantenere il contatto con lo stato dell'arte nella ricerca accademica nel settore</li> <li>- 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</li> <li>- 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</li> <li>- comunicare i risultati ad interlocutori con competenze in diverse discipline, anche in un contesto internazionale.</li> </ul>
<p><b>sbocchi occupazionali:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Centri e laboratori di ricerca pubblici e privati</li> <li>- Aziende impegnate nella progettazione e realizzazione di nuovi materiali</li> </ul>
<b>Esperto in problemi di inferenza e ottimizzazione</b>
<p><b>funzione in un contesto di lavoro:</b>          Questa figura professionale contribuisce alla determinazione di soluzioni ottime e/o subottime a problemi, 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. Problemi di questo tipo si incontrano in un ampio spettro di discipline, tutte caratterizzate dalla necessità di elaborare grandi quantità di informazione (ad esempio il compressed sensing, la satisfiability e la ricostruzione di informazione danneggiata da rumore nell'elettronica e nelle telecomunicazioni, l'allineamento di sequenze biologiche, la ricostruzione di alberi filogenetici e di reti di interazione tra macromolecole in biologia).</p>
<p><b>competenze associate alla funzione:</b>          Questa figura professionale è in grado di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- interagire con esperti di problemi specifici</li> <li>- mantenere il contatto con lo stato dell'arte nella ricerca accademica nel settore</li> <li>- elaborare una descrizione del problema in termini di gradi di libertà interagenti su di un grafo o altra struttura matematica opportuna</li> <li>- individuare i metodi e gli algoritmi più adatti ad una soluzione, tipicamente approssimata, del problema</li> <li>- implementare questi algoritmi in un programma, eventualmente coordinando un opportuno gruppo di lavoro</li> <li>- analizzare, tipicamente in termini probabilistici, le proprietà delle soluzioni ottenute</li> <li>- comunicare i risultati ad interlocutori con competenze in diverse discipline, anche in un contesto internazionale.</li> </ul>
<p><b>sbocchi occupazionali:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Centri e laboratori di ricerca pubblici e privati</li> <li>- Grandi società di consulenza</li> <li>- Aziende che operano nel settore dell'elaborazione delle informazioni (es. telecomunicazioni, bioinformatica, ...).</li> </ul>
<b>Esperto in modellizzazione e simulazione di sistemi biologici</b>
<p><b>funzione in un contesto di lavoro:</b>          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. Nell'ambito del rational drug design inoltre, si occupa di elaborare e simulare modelli di macromolecole biologiche, in particolare dei fenomeni di folding e binding.</p>
<p><b>competenze associate alla funzione:</b>          Questa figura professionale è in grado di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- interagire con esperti di biologia molecolare e cellulare, bioinformatica e discipline biomediche</li> <li>- mantenere il contatto con lo stato dell'arte nella ricerca accademica nel settore</li> <li>- elaborare e simulare, se necessario coordinando un opportuno gruppo di lavoro, modelli di macromolecole biologiche e di reti di interazione tra tali macromolecole</li> <li>- 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, ...)</li> <li>- comunicare i risultati ad interlocutori con competenze in diverse discipline, anche in un contesto internazionale.</li> </ul>
<p><b>sbocchi occupazionali:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Centri e laboratori di ricerca pubblici e privati</li> <li>- Aziende farmaceutiche</li> <li>- Società bioinformatiche</li> </ul>
<b>Esperto in modellizzazione e simulazione di processi stocastici</b>
<p><b>funzione in un contesto di lavoro:</b>          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.</p>
<p><b>competenze associate alla funzione:</b>          Questa figura professionale è in grado di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- interagire con esperti di discipline specifiche</li> <li>- mantenere il contatto con lo stato dell'arte nella ricerca accademica nel settore</li> <li>- descrivere, per mezzo di un processo stocastico, un sistema caratterizzato da grandi fluttuazioni casuali</li> <li>- formulare delle previsioni in termini probabilistici e stimarne l'attendibilità</li> <li>- comunicare i risultati ad interlocutori con competenze in diverse discipline, anche in un contesto internazionale.</li> </ul>
<p><b>sbocchi occupazionali:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Società di analisi dei mercati finanziari</li> <li>- Società di assicurazione</li> <li>- Banche</li> </ul>

- Organizzazioni finanziarie sovranazionali - Centri e laboratori di ricerca pubblici e privati
<b>Il corso prepara alla professione di (codifiche ISTAT)</b>
• 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	25	37	<b>18</b>
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	27	36	<b>27</b>
<b>Minimo di crediti riservati dall'ateneo minimo da D.M. 45:</b>		-		

<b>Totale Attività Caratterizzanti</b>	52 - 73
--	---------

### Attività affini

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

<b>Totale Attività Affini</b>	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
	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	-	-

<b>Totale Altre Attività</b>	29 - 56
------------------------------	---------

### Riepilogo CFU

<b>CFU totali per il conseguimento del titolo</b>	<b>120</b>
<b>Range CFU totali del corso</b>	93 - 149

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

**Note relative alle altre attività**

**Note relative alle attività caratterizzanti**

RAD chiuso il 12/04/2023