

Università	Università degli Studi di Napoli Federico II
Classe	LM-44 - Modellistica matematico-fisica per l'ingegneria
Nome del corso in italiano	Scienza e Ingegneria Quantistiche <i>adeguamento di: Scienze e Ingegneria Quantistica (1413671)</i>
Nome del corso in inglese	Quantum Science and Engineering
Lingua in cui si tiene il corso	inglese
Codice interno all'ateneo del corso	P65
Data del DR di emanazione dell'ordinamento didattico	28/07/2022
Data di approvazione della struttura didattica	30/11/2021
Data di approvazione del senato accademico/consiglio di amministrazione	22/12/2021
Data della consultazione con le organizzazioni rappresentative a livello locale della produzione, servizi, professioni	08/09/2021 - 13/09/2021
Data del parere favorevole del Comitato regionale di Coordinamento	12/01/2022
Modalità di svolgimento	a. Corso di studio convenzionale
Eventuale indirizzo internet del corso di laurea	http://www.fisica.unina.it
Dipartimento di riferimento ai fini amministrativi	Fisica "Ettore Pancini"
EX facoltà di riferimento ai fini amministrativi	
Massimo numero di crediti riconoscibili	12 DM 16/3/2007 Art 4 Nota 1063 del 29/04/2011
Corsi della medesima classe	<ul style="list-style-type: none"> • Ingegneria Matematica

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

Le parti interessate ai laureati magistrali previsti nella presente proposta sono enti e imprese che lavorano nella ricerca, sviluppo e commercializzazione di nuove tecnologie basate sulla scienza e l'ingegneria quantistica.

In questi mesi di preparazione del progetto di Laurea sono state consultate le parti interessate e ci sono stati numerosi incontri con varie organizzazioni, enti di ricerca e industrie. Questi incontri hanno alimentato la consapevolezza della necessità di una proposta di Laurea in Quantum Science and Engineering.

Fra queste spiccano SeeQc (azienda operante nel campo delle tecnologie quantistiche a superconduttore, con laboratorio R&D congiunto con ricercatori UNINA), l'INFN, vari Istituti del CNR (primi fra tutti INO e SPIN), NETCOM, EXPRIVIA, Bit4ID, LEONARDO, ERNST & YOUNG. L'organigramma dei corsi con i programmi orientativi e gli obiettivi recepiscono esigenze del mondo della ricerca e del lavoro.

Data la natura prettamente internazionale degli sbocchi occupazionali del CdS, per una consultazione più efficace si ritiene opportuno il coinvolgimento diretto di aziende e organizzazioni internazionali specializzate nel campo delle tecnologie quantistiche, non limitatamente al territorio. Si è pertanto deciso di istituire un Comitato di Indirizzo nel quale sono invitati esperti di aziende e organizzazioni internazionali selezionate operanti nel settore, oltre che rappresentanti del mondo accademico e degli enti di ricerca potenzialmente interessati, territoriali e nazionali. Nell'ambito delle riunioni con gli stakeholders è stato fatto riferimento anche alla costituzione del CI con ampie disponibilità di partecipazione da parte stakeholders.

Il Comitato si riunirà periodicamente (di norma almeno una volta all'anno) per indirizzare e valutare la coerenza del percorso formativo con quanto programmato in precedenza e verificarne la rispondenza alle effettive necessità del mondo del lavoro.

Il comitato vede inoltre la partecipazione di tre docenti dell'ateneo appositamente nominati dal Dipartimento responsabile della gestione del CdS, uno dei quali individuato con la funzione di Coordinatore dello stesso Comitato.

Vedi allegato

Sintesi del parere del comitato regionale di coordinamento

OMISSIS il Comitato, verificata la sussistenza dei requisiti normativamente richiesti per l'istituzione dei Corsi di studio, valutata in particolare la congruenza della proposta rispetto all'offerta didattica dell'Ateneo proponente ed a quella complessiva del sistema universitario regionale, esprime

Vedi allegato

Obiettivi formativi specifici del corso e descrizione del percorso formativo

La laurea magistrale in Quantum Science and Engineering (QSE) ha come obiettivo la formazione di specialisti di tecnologie quantistiche, per potenziali applicazioni nell'ambito della computazione ad alte prestazioni, della simulazione di sistemi complessi, della comunicazione sicura e della sensoristica, nonché negli altri settori in cui tali applicazioni troveranno impiego in futuro.

Gli obiettivi formativi specifici del corso in QSE sono i seguenti:

- 1) solida conoscenza del formalismo della meccanica quantistica, inclusi gli aspetti matematici, e delle sue applicazioni alla modellistica dei sistemi fisici;
- 2) buona conoscenza, teorica e sperimentale, dei principali sistemi fisici con cui vengono sviluppate le tecnologie quantistiche e degli apparati tecnologici basati su tali sistemi;
- 3) competenze teoriche e operative di informatica quantistica, dei principali algoritmi quantistici e della programmazione per computer quantistici;
- 4) competenze adeguate di tecnologie e metodi dell'ingegneria dell'informazione, in particolare nell'ambito delle tecnologie elettromagnetiche e circuitali, della comunicazione e delle reti, dell'elettronica digitale per sistemi che utilizzano dispositivi quantistici o che vengono potenziate dall'adozione di elementi funzionali quantistici;
- 5) familiarità con il metodo scientifico e abilità operative di laboratorio, con elevato livello di autonomia, anche con capacità di lavorare in modo cooperativo in gruppo, nel rispetto di protocolli e norme di sicurezza;
- 6) capacità di comunicare agevolmente in lingua inglese, in forma scritta e orale, con riferimento anche ai lessici disciplinari.

Il percorso formativo prevede un primo anno prevalentemente basato su insegnamenti comuni a tutti gli studenti. Sono previsti in particolare insegnamenti e moduli sui fondamenti della meccanica quantistica (obiettivo 1), sui sistemi fisici con cui vengono implementate le principali tecnologie quantistiche (obiettivi 1 e 2), sull'informatica quantistica e la programmazione mediante algoritmi quantistici di tali sistemi (obiettivo 3), nonché sulle tecnologie dell'ingegneria dell'informazione e della comunicazione tipicamente utilizzate in tali sistemi (obiettivo 4). Il corso prevede attività formative di laboratorio, con accesso a strumentazione avanzata, che contribuiscono al raggiungimento dell'obiettivo 5. Tutte le attività sono tenute in lingua inglese (obiettivo 6). Il secondo anno del percorso lascia ampio spazio per insegnamenti a scelta e di tipo affine e integrativo, finalizzati ad approfondire ulteriormente aspetti più specifici secondo gli interessi degli studenti, seguendo i principi della formazione centrata sullo studente. Queste attività contribuiscono a tutti gli obiettivi elencati in misura variabile a seconda delle scelte degli studenti. Il percorso si conclude con un eventuale tirocinio e la prova finale, che collegano tra loro tutte le conoscenze e competenze acquisite.

Descrizione sintetica delle attività affini e integrative

Gli ambiti culturali relativi alle attività affini e integrative sono individuati per garantire il pieno conseguimento degli obiettivi formativi del Corso nell'ottica dell'ampia interdisciplinarietà richiesta da un percorso formativo in Scienza ed Ingegneria Quantistica. In particolare, per rispondere alla necessità di approfondire tematiche specifiche delle tecnologie quantistiche focalizzate sulle applicazioni emergenti, si includono gli ambiti relativi alle discipline della Fisica e dell'Ingegneria dell'Informazione non contemplate dai Settori Scientifico Disciplinari della Classe LM-44, quali ad esempio le telecomunicazioni, la sensoristica e la metrologia. Data l'ampiezza del numero dei Settori Scientifico Disciplinari caratterizzanti della Classe di Laurea LM-44, sempre per sostenere la massima multidisciplinarietà, si includono nelle attività affini e integrative anche le attività relative a settori scientifico-disciplinari caratterizzanti della Classe.

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)

Risultati di apprendimento attesi

Conoscenza dei principi generali della Meccanica Quantistica e dei principali modelli di sistemi fisici utili per l'implementazione delle tecnologie quantistiche, dei principi del calcolo quantistico e dei principali schemi di implementazione attualmente in via di sviluppo, dei concetti base della comunicazione quantistica, dei circuiti elettrici operanti in regime quantistico, e delle principali tecnologie di elettronica digitale e della manipolazione dei campi elettromagnetici utili nelle applicazioni quantistiche.

Diversi corsi sono finalizzati ad approfondire aspetti sia sulla computazione che sulla comunicazione quantistica, usando tecnologie e concetti tradizionalmente impiegati per lo stato solido e l'ottica. Sono per esempio proposti percorsi sperimentali con i quali lo studente comprende ed applica concetti di scienza dell'informazione quantistica a dispositivi reali. Lo studente sarà pertanto in grado di comprendere, progettare, misurare e controllare un dispositivo quantistico. Analogamente i percorsi di informatica mirano a rendere lo studente autonomo nello sviluppo di algoritmi quantistici.

Metodi di apprendimento

Le attività caratterizzanti, affini ed integrative sono opportunamente distribuite per consentire allo studente l'acquisizione delle necessarie conoscenze. Il metodo è basato su un approccio interdisciplinare che mira a sviluppare una "sensibilità quantistica" dove la meccanica quantistica non è solo la chiave per interpretare la natura ma diventa il principio base per la costruzione di nuove "macchine". I corsi sono organizzati per favorire un apprendimento interdisciplinare dove la meccanica quantistica diventa tecnologia. A tale scopo i laboratori di fisica, ingegneria e informatica forniscono metodi fondamentali di apprendimento. Attività di seminari accompagneranno i corsi erogati per poter contribuire a seguire le rapide evoluzioni nel settore.

Metodi di verifica

Oltre alle tradizionali prove di esame individuale sia in forma scritta che orale, ci saranno prove in itinere finalizzate a favorire un apprendimento interattivo dello studente. Le prove pratiche di laboratorio saranno accompagnate da relazioni sulle esperienze, svolte prevalentemente come lavoro di gruppo. I corsi di informatica e programmazione prevedono la realizzazione di programmi quantistici, come ulteriore metodo di verifica sull'apprendimento. Nei corsi dove saranno realizzate misure su qubit, sarà discusso accuratamente il protocollo di misura per determinare tipiche proprietà quantistiche, come ad esempio i tempi di decoerenza.

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

Risultati di apprendimento attesi sono la capacità di applicare le conoscenze e le metodologie in contesti differenti, la capacità di messa a punto e utilizzo di apparati sperimentali complessi, la capacità di realizzare una misura quantistica e di analisi dei dati, la capacità di programmare un computer quantistico.

Metodi di apprendimento

Tali capacità saranno sviluppate soprattutto in corsi a carattere avanzato, di esercitazioni o di laboratorio, svolti anche nell'ambito delle discipline affini ed integrative, e durante il lavoro di tesi per la prova finale, in cui lo studente potrà sviluppare le proprie capacità in un progetto a medio termine.

Metodi di verifica

Prove individuali di esame, anche mediante sviluppo di progetti e lavoro di gruppo, dove verrà valutata la capacità di applicare le conoscenze e competenze alla impostazione e risoluzione di problemi e prova finale di tesi.

Autonomia di giudizio (making judgements)

Capacità avanzata di ragionamento critico e di svolgere attività creativa, di ideazione, progettazione e/o ricerca nel campo delle tecnologie quantistiche, attraverso l'analisi e l'interpretazione di informazioni di contesto e di dati, di risultati teorici e di modelli, operando sotto la guida e supervisione di un responsabile. Sarà messa in opera per esempio tramite lo sviluppo di un protocollo di misura quantistica, di un algoritmo quantistico, nello studio di approcci ibridi che mirino ad integrare calcolo classico e calcolo quantistico. La verifica del raggiungimento dei risultati attesi si ottiene dal confronto diretto con i docenti (in aula o in laboratorio) e dall'analisi degli elaborati prodotti a seguito delle suddette attività esercitative.

La capacità di giudizio autonomo deve essere messa in opera durante tutto il percorso formativo, lo studente dovrebbe ampliare e approfondire le proprie conoscenze tramite lo studio: (a) di ulteriori testi universitari o di divulgazione scientifica avanzata, (b) di articoli scientifici, anche attuali, su argomenti dei

corsi; (c) di articoli sugli sviluppi tecnologici sia in ambito strumentale che informatico.

Abilità comunicative (communication skills)

Saper comunicare il proprio ragionamento e le conclusioni in modo chiaro e consapevole sui temi appena definiti, in forma scritta e orale anche nella lingua inglese e utilizzando con competenza i lessici disciplinari, utilizzando all'occorrenza gli strumenti informatici necessari per la presentazione, anche attraverso elaborati scritti, diagrammi e schemi. Capacità di sostenere una discussione tecnico-scientifica, in particolare su temi di meccanica quantistica e/o su protocolli di misura e/o algoritmi quantistici utilizzando gli argomenti appresi; di poter ideare e/o controllare una misura quantistica. Le modalità per verificare i risultati conseguiti nelle abilità comunicative, sono principalmente la produzione delle relazioni scritte delle esercitazioni di laboratorio, lo svolgimento dei compiti scritti di verifica, la produzione ed esposizione di eventuali tesine come ulteriore strumento di verifica delle conoscenze, l'elaborato per la prova finale.

Capacità di apprendimento (learning skills)

Capacità avanzate di apprendimento autonomo. Capacità di eseguire ricerche bibliografiche, anche di livello avanzato, acquisendo strumenti e strategie adeguati all'ampliamento delle proprie conoscenze.

Metodi di apprendimento

Interazione diretta con docenti altamente qualificati e coinvolti in attività di ricerca scientifica di livello internazionale nel campo della scienza e tecnologia quantistica. Interazione con esperti nell'ambito di partnership con enti e imprese internazionali operanti nel settore. Le lezioni frontali saranno accompagnate da attività seminariali seguite da discussione libera, e saranno organizzati periodicamente incontri con imprese chiave nei vari settori.

Esposizione scritta e/o orale delle proprie informazioni e punti di vista nelle interazioni di cui sopra e nella prova finale.

Necessità di completare la propria formazione per affrontare gli argomenti più specifici della prova finale.

Metodi di verifica

Metodi tradizionali basati su esposizione scritta e/o orale delle proprie informazioni avranno un ruolo importante per monitorare l'evoluzione scientifica degli studenti. Inoltre, sono previste prove di esame intermedie basate sulla presentazione e discussione di casi esempio e/o progetti specifici e prova finale (con stesura di tesi di laurea magistrale e presentazione orale e dibattito).

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

Per essere ammessi al corso di Laurea Magistrale in Quantum Science and Engineering occorre essere in possesso di un titolo di Laurea I livello o titolo equivalente, con un curriculum di studi che soddisfi i requisiti curriculari elencati di seguito:

- 24 CFU in SSD di matematica (MAT/01-MAT/08);

- 12 CFU in SSD di fisica (FIS/01-FIS/08);

- 6 CFU di INF/01, ING-INF/05;

- ulteriori 12 CFU in uno o più dei seguenti SSD in aggiunta ai punti precedenti: FIS/01-FIS/08 – Fisica; MAT/07 – Fisica matematica; CHIM/01- Chimica Analitica, CHIM/02 - Chimica fisica, CHIM/03 -Chimica Generale e inorganica; ING-IND/06 – Fluidodinamica; ING-IND/10 - Fisica tecnica industriale; ING-IND/11 (Fisica Tecnica Ambientale); ING-IND/12 - Misure meccaniche e termiche; ING-IND/13 - Meccanica applicata alle macchine; ING-IND/18 - Fisica dei reattori nucleari; ING-IND/19 (Impianti Nucleari); ING-IND/20 - Misure e strumentazione nucleari; ING-IND/22 - Scienza e tecnologia dei materiali; ING-IND/31 – Elettrotecnica; ING-INF/01 – Elettronica; ING-INF/02 - Campi elettromagnetici; ING-INF/06 - Bioingegneria elettronica e informatica; ING-INF/07 - Misure elettriche e elettroniche.

I 24 CFU in SSD MAT/01-MAT/08 garantiscono conoscenze di matematica al livello tipicamente fornito nei corsi di laurea di ingegneria dell'informazione o di fisica: analisi matematica, algebra lineare, geometria, elementi di analisi funzionale e/o di equazioni differenziali.

I 12 CFU in SSD FIS/01-FIS/08 garantiscono conoscenze di fisica classica ad un livello tipicamente fornito nei corsi di laurea di ingegneria dell'informazione: meccanica, termodinamica, elettromagnetismo.

I 6 CFU di INF/01 o ING-INF/05 garantiscono conoscenze su elementi base di informatica o discipline affini, al livello tipicamente fornito nei corsi di laurea di ingegneria dell'informazione o di fisica.

Bisogna inoltre possedere una conoscenza della lingua inglese ad un livello CEFR minimo di B2.

È altresì richiesto il possesso di un'adeguata preparazione iniziale in relazione agli argomenti di cui sopra, come verrà verificato in fase di ammissione

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

La prova finale consiste nella valutazione di un elaborato redatto in lingua inglese avente per oggetto un progetto originale sviluppato dallo studente in modo autonomo sotto la guida di un relatore e eventuali co-relatori come ulteriormente specificato nel regolamento didattico

Motivi dell'istituzione di più corsi nella classe

nell'Università Federico II è presente nell'ambito della stessa classe LM44 il corso di laurea magistrale in Mathematical Engineering, che è focalizzato sulla modellazione matematica per finalità ingegneristiche e quindi con obiettivi marcatamente diversi e non contiene nessun curriculum orientato alle scienze e tecnologie quantistiche

Comunicazioni dell'ateneo al CUN

Sono stati implementati tutti i suggerimenti, eccetto il cambiamento del titolo "Quantum science and engineering", per il quale si ritiene opportuno mantenere l'attuale proposta in quanto risponde più coerentemente alla natura, ai contenuti e alle finalità previsti dal corso di studi, così come di seguito specificato.

Le emergenti tecnologie quantistiche (Quantum Technologies, QT), per quanto originatesi nell'ambito della fisica, si stanno velocemente ampliando in diverse direzioni con ricadute dirette e di grande portata su tutti i campi della scienza, dall'informatica alla biologia, dalle telecomunicazioni all'ingegneria, alla medicina e all'ambiente portando, ad esempio, a una crescita esponenziale delle potenze di calcolo, a comunicare le informazioni in modalità assolutamente sicura o, ancora, a effettuare misure con precisione estrema. Tali soluzioni sono rese possibili dallo sfruttamento di piattaforme progettate in modo specifico che fanno ricorso a materiali, sistemi ottici ed atomici innovativi; inoltre l'informatica ha acquisito un ruolo chiaramente fondamentale nella scienza degli algoritmi quantistici e delle valutazioni della loro complessità di calcolo in confronto con gli equivalenti classici. Ciò considerato, si ritiene pertanto che una denominazione delle QT non specificamente indirizzata verso un unico ambito disciplinare quanto piuttosto aperta a tutte le possibili declinazioni delle scienze implicanti le QT (come quantum computing, scienza degli algoritmi quantistici, nanotecnologie, scienza dei materiali etc.) possa riflettere più coerentemente gli obiettivi formativi specifici del Corso di Studio, il suo percorso formativo nonché le conoscenze, abilità e competenze indispensabili alle figure professionali che il Corso intende formare.

La sezione degli obiettivi formativi è stata riscritta fornendo una descrizione più specifica del percorso formativo eliminando le indicazioni relative alle conoscenze richieste per l'accesso e agli sbocchi occupazionali e i dettagli relativi al numero di insegnamenti caratterizzanti ed affini ed integrativi da selezionare e offrire.

La Descrizione sintetica delle attività affini e integrative è stata riformulata specificando come le attività affini o integrative contribuiscano ad assicurare una formazione multi-disciplinare anche utilizzando corsi settori caratterizzanti.

Sono stati rivisti i campi "Conoscenza e capacità di comprensione" e "Abilità comunicative" seguendo le indicazioni e i suggerimenti proposti.

Le "Conoscenze richieste per l'accesso" sono state riformulate accogliendo tutti i suggerimenti: è stato eliminato il riferimento specifico alle classi L-30 e

L-8; è stato specificato che i 12 CFU al punto iv si aggiungono ai punti i-iii; sono stati aggiunti SSD ING-IND/11,ING-IND/19, CHIM/01 e CHIM/03.

Il campo "Sbocchi occupazionali e professionali previsti per i laureati" è stato riformulato accogliendo tutti i suggerimenti; è stato eliminato il riferimento ad ingegnere quantistico e sono i campi "funzione in un contesto di lavoro" e "competenze associate alla funzione" sono stati opportunamente indicando le funzioni normalmente svolte nell'esercizio della professione e le competenze, fornite dal corso, utilizzate per lo svolgimento delle funzioni. I codici ISTAT sono stati modificati in accordo ai suggerimenti.

La Tabella delle attività formative è stata riformulata accogliendo tutti i suggerimenti; è stato aumentato il numero di CFU attribuiti alla prova finale da (12-24) a (15-27); è stato modificato l'intervallo per CFU proposti per i due ambiti caratterizzanti ("Discipline matematiche, fisiche e informatiche" e "Discipline ingegneristiche") da (27-54) a (27-39); sono state aggiunte le discipline matematiche nell'ambito caratterizzante. Le tabelle sono state di conseguenza rimodulate in accordo con i suggerimenti.

Sbocchi occupazionali e professionali previsti per i laureati
Esperto in tecnologie quantistiche per la ricerca avanzata e per l'industria
funzione in un contesto di lavoro: Il corso di laurea magistrale prepara alla figura professionale di esperto in tecnologie quantistiche. Tra le funzioni lavorative che il laureato in Quantum Science and Engineering potrà svolgere rientrano: - lo sviluppo di applicazioni, sistemi e servizi basati su tecnologie quantistiche, in particolare nel campo dell'informatica e della computazione quantistica, della comunicazione, della simulazione e della sensoristica; - la realizzazione e manutenzione di apparati per computazione quantistica, per la comunicazione quantistica e per la sensoristica quantistica; - la programmazione di software quantistici; - la ricerca e lo sviluppo tecnologico nel campo delle scienze e tecnologie quantistiche; - la divulgazione nel campo della scienza e delle tecnologie quantistiche.
competenze associate alla funzione: Saranno necessarie competenze avanzate sul formalismo teorico della meccanica quantistica, inclusi gli aspetti matematici, e sulle sue applicazioni alla modellistica dei sistemi fisici; una buona conoscenza, teorica e sperimentale, dei principali sistemi fisici con cui vengono sviluppate le tecnologie quantistiche; competenze teoriche e operative di informatica di base, dei principali algoritmi quantistici e della programmazione per computer quantistici; competenze adeguate di tecnologie e metodi dell'ingegneria dell'informazione, in particolare nell'ambito delle tecnologie elettromagnetiche e circuitali, della comunicazione e delle reti, dell'elettronica digitale, utili ad inserirsi in sistemi che utilizzano dispositivi quantistici o che vengono potenziate dall'adozione di elementi funzionali quantistici; competenze metodologiche e capacità di utilizzo di strumentazioni avanzate nell'ambito dell'ingegneria dell'informazione e della fisica; buona padronanza della lingua inglese e della terminologia tecnica del settore.
sbocchi occupazionali: Si prevedono sbocchi occupazionali principalmente nell'ambito delle imprese ad alta tecnologia per lo sviluppo di sistemi e servizi innovativi in cui trovano applicazione le tecnologie quantistiche emergenti, quali ad esempio la telecomunicazione protetta mediante crittografia quantistica, la computazione quantistica, la simulazione di sistemi complessi, la sensoristica di precisione. Ulteriori sbocchi occupazionali potranno essere trovati nell'ambito della ricerca di base e applicata o nella comunicazione scientifica.
Il corso prepara alla professione di (codifiche ISTAT)
<ul style="list-style-type: none">• Specialisti in reti e comunicazioni informatiche - (2.1.1.5.1)• Specialisti in sicurezza informatica - (2.1.1.5.4)• Ricercatori e tecnici laureati nelle scienze ingegneristiche industriali e dell'informazione - (2.6.2.3.2)

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/01 Fisica sperimentale FIS/02 Fisica teorica modelli e metodi matematici FIS/03 Fisica della materia FIS/04 Fisica nucleare e subnucleare INF/01 Informatica MAT/02 Algebra MAT/03 Geometria MAT/05 Analisi matematica MAT/06 Probabilità e statistica matematica MAT/07 Fisica matematica	27	39	18
Discipline ingegneristiche	ING-IND/22 Scienza e tecnologia dei materiali ING-IND/31 Elettrotecnica ING-INF/01 Elettronica ING-INF/02 Campi elettromagnetici ING-INF/04 Automatica ING-INF/05 Sistemi di elaborazione delle informazioni	27	39	27
Minimo di crediti riservati dall'ateneo minimo da D.M. 45:		54		

Totale Attività Caratterizzanti	54 - 78
--	---------

Attività affini

ambito disciplinare	CFU		minimo da D.M. per l'ambito
	min	max	
Attività formative affini o integrative	12	24	12

Totale Attività Affini	12 - 24
-------------------------------	---------

Altre attività

ambito disciplinare	CFU min	CFU max	
A scelta dello studente	12	18	
Per la prova finale	15	27	
Ulteriori attività formative (art. 10, comma 5, lettera d)	Ulteriori conoscenze linguistiche	0	3
	Abilità informatiche e telematiche	0	3
	Tirocini formativi e di orientamento	0	3
	Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	0	3
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	9	

Totale Altre Attività	30 - 66
------------------------------	---------

Riepilogo CFU

CFU totali per il conseguimento del titolo	120
Range CFU totali del corso	96 - 168

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

Note relative alle altre attività

Si prevedono attività a scelta autonoma dello studente per 18 CFU per le seguenti ragioni: la natura altamente interdisciplinare del Corso e la presenza di iscritti con background formativi piuttosto diversificati rende necessario adottare un approccio fortemente centrato sullo studente e quindi consentire un'adeguata flessibilità nelle scelte individuali, in modo da poter spaziare tra i diversi settori coinvolti senza eccessivi vincoli; sarà infine consentito agli studenti di utilizzare anche parte delle attività a scelta autonoma per svolgere tirocini formativi presso aziende e organizzazioni, ma senza rendere tale attività obbligatoria per tutti gli studenti.

Note relative alle attività caratterizzanti

RAD chiuso il 23/02/2022