REGOLAMENTO DIDATTICO DEL CORSO DI STUDIO QUANTUM SCIENCE AND ENGINEERING (CLASSE LM-44)

Scuola: Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento: Fisica E.Pancini

Regolamento in vigore a partire dall'a.a. 2024-2025

ACRONIMI

CCD	Commissione di Coordinamento Didattico
CdS	Corso/i di Studio
CPDS	Commissione Paritetica Docenti-Studenti
OFA	Obblighi Formativi Aggiuntivi
SUA-CdS	Scheda Unica Annuale del Corso di Studio
RDA	Regolamento Didattico di Ateneo

INDICE

Art. 1 Oggetto
Art. 2 Obiettivi formativi del Corso
Art. 3 Profilo professionale e sbocchi occupazionali
Art. 4 Requisiti di ammissione e conoscenze richieste per l'accesso al Corso di Studio
Art. 5 Modalità per l'accesso al Corso di Studio
Art. 6 Attività didattiche e Crediti Formativi Universitari
Art. 7 Articolazione delle modalità di insegnamento
Art. 8 Prove di verifica delle attività formative
Art. 9 Struttura del corso e piano degli studi
Art. 10 Obblighi di frequenza
Art. 11 Propedeuticità e conoscenze pregresse
Art. 12 Calendario didattico del CdS
Art. 13 Criteri per il riconoscimento dei crediti acquisiti in altri Corsi di Studio della stessa classe
Art. 14 Criteri per il riconoscimento dei crediti acquisiti in CdS di diversa classe, in CdS universitari e di livello universitario, attraverso corsi singoli, presso Università telematiche e in CdS internazionali; criteri per il riconoscimento di crediti per attività extra-curriculari
Art. 15 Criteri per l'iscrizione a corsi singoli di insegnamento attivati nell'ambito dei Corsi di Studio
Art. 16 Caratteristiche e modalità di svolgimento della prova finale
Art. 17 Linee guida per le attività di tirocinio e *stage*
Art. 18 Decadenza dalla qualità di studente
Art. 19 Compiti didattici, comprese le attività didattiche integrative, di orientamento e di tutorato
Art. 20 Valutazione della qualità delle attività svolte
Art. 21 Norme finali
Art. 22 Pubblicità ed entrata in vigore

Art. 1
Oggetto

1. Il presente Regolamento disciplina gli aspetti organizzativi del Corso di Laurea Magistrale in Quantum Science and Engineering (Scienza e Ingegneria Quantistiche), (classe LM-44). Il Corso di Laurea Magistrale in Quantum Science and Engineering afferisce al Dipartimento di Fisica E. Pancini.
   Fonte: SUA-CdS
   Quadro: Informazioni generali sul Corso di Studio
   Nome del corso in italiano e in inglese Quantum Science and Engineering (Scienza e Ingegneria Quantistiche)
   Classe LM-44 - Modellistica matematico-fisica per l'ingegneria
   Lingua in cui si tiene il corso Inglese
2. Il CdS è retto dalla Commissione di Coordinamento Didattico (CCD), ai sensi dell'Art. 4 del RDA.
   Fonte: SUA-CdS
   Quadro: Struttura didattica di riferimento Dipartimento di Fisica "Ettore Pancini"
3. Il Regolamento è emanato in conformità alla normativa vigente in materia, allo Statuto dell'Università di Napoli Federico II e al Regolamento Didattico di Ateneo.

Art. 2
Obiettivi formativi del Corso

Fonte: SUA
Quadro: A4.a – RAD La laurea magistrale in Quantum Science and Engineering (QSE) ha come obiettivo la formazione di laureati con solide competenze di meccanica quantistica e delle sue potenziali applicazioni ad un'ampia gamma di tecnologie innovative. Lo studente deve acquisire strumenti adeguati ad affrontare problemi teorici, sperimentali, computazionali e tecnologici, che usano approcci e metodologie quantistiche, a poter utilizzare le potenzialità di tali fenomeni per la computazione o comunicazione o simulazione quantistica o per la sensoristica e la metrologia. I laureati completeranno uno studio rigoroso della meccanica quantistica e del suo formalismo tramite algebra lineare, della manifestazione e misura degli stessi fenomeni quantistici in sistemi fisici reali, con la possibilità di isolarli ed ingegnerizzarli. Saranno quindi per esempio in grado di convertire i principi della meccanica quantistica nella comprensione e attuazione del processing dell'informazione quantistica e della computazione quantistica, di ideare, progettare, realizzare e caratterizzare macchine quantistiche, di realizzare una misura quantistica in vari ambiti. Sfruttando il fenomeno dell'entanglement di fotoni, elettroni, atomi o molecole, i sensori quantistici per esempio promettono di raggiungere i limiti fisici di misura e di migliorare di ordini di grandezza le attuali prestazioni in termini di precisione ed accuratezza. Saranno altresì fornite conoscenze e competenze per identificare, interpretare, descrivere, formulare e risolvere problemi tipici dell'ingegneria dell'informazione anche complessi con metodologie innovative basate sulle tecnologie quantistiche.
La formazione del laureato in QSE deve consentirgli di accedere, direttamente o dopo il dottorato, ad attività di ricerca di frontiera o lavorative che richiedano familiarità con la cultura ed il metodo scientifico, una mentalità aperta e flessibile, predisposta al rapido apprendimento di metodologie e tecnologie innovative, e la capacità di utilizzare attrezzature complesse e le potenzialità delle tecnologie quantistiche.

Pertanto i laureati in in Quantum Physics and Engineering dovranno aver acquisito:
• O1) conoscenze sia sperimentali sia teoriche in settori della fisica moderna focalizzati sui modelli quantistici e sui sistemi fisici utili per l'implementazione delle tecnologie quantistiche;
• O2) una conoscenza molto buona della Matematica soprattutto in funzione della formulazione della meccanica quantistica in termini di algebra lineare;
• O3) conoscenze informatiche e dei metodi di simulazione e delle possibili implementazioni quantistiche di tali conoscenze e metodi;
• O4) competenze operative di laboratorio e capacità di elaborare, interpretare e valutare i risultati delle misure in piena autonomia;
• O5) conoscenze nell'ambito dell'ingegneria dell'informazione, sia in ordine ad aspetti più fondamentali, che ad aspetti più innovativi che possono essere affrontati con metodologie quantistiche.
• O6) capacità di lavorare in modo integrato in gruppo e di lavorare in laboratorio con comportamenti idonei alle regole di sicurezza;
• O7) adeguate competenze e strumenti per la comunicazione e la gestione dell'informazione;
• O8) capacità di utilizzare i moderni strumenti conoscitivi per aggiornamenti sulle tematiche scientifiche acquisite;
• O9) familiarità con il metodo scientifico di indagine anche in contesti multidisciplinari, e capacità nel 'problem setting and solving" con concetti e metodologie quantistiche.
• O10) capacità di utilizzare fluentemente la lingua inglese, in forma scritta e orale, con riferimento anche ai lessici disciplinari.

Il percorso formativo, la cui durata normale è di 2 anni, si articola in insegnamenti fondamentali (obbligatori), ulteriori insegnamenti affini e integrativi, oltre ad attività formative a scelta libera e prova finale. L'offerta didattica prevede un primo anno con gran parte dei corsi comuni a tutti gli studenti, che potranno tuttavia ampliare/diversificare le proprie conoscenze attraverso l'inserimento di insegnamenti opzionali con l'uso dei crediti a scelta dello studente (art.10, comma 5, lettera a). Gli insegnamenti opzionali sono collocati principalmente al secondo anno, il corso di studi fornisce una rosa di corsi per acquisire competenze specifiche e all'avanguardia su varie piattaforme quantistiche, che mirano a rendere il laureato magistrale in QSE un esperto nel settore delle tecnologie quantistiche emergenti e in alcune delle principali applicazioni di queste.
Gli studenti possono scegliere gli insegnamenti opzionali sia nelle diverse aree didattiche della Scuola Politecnica e delle Scienze di Base che in Ateneo; pertanto questa opzione accresce il grado di interdisciplinarità del percorso formativo. Infine, una parte dei crediti a scelta libera potranno essere usati per svolgere tirocini formativi presso strutture pubbliche o private secondo le convenzioni vigenti in Ateneo.

Art. 3
Profilo professionale e sbocchi occupazionali

Fonte: SUA
Quadro: A2.a - RAD
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 fisico, esperto in tecnologie quantistiche per la ricerca avanzata e per l'industria. I laureati acquisiscono competenze tali da

consentire loro lo svolgimento di attività professionali che richiedono una profonda conoscenza dei concetti, delle metodologie e delle tecnologie quantistiche.
Fra queste attività rientrano le funzioni di: tecnico di laboratorio in ambito fisico; programmatore quantistico informatico e gestore di centri di calcolo e siti web; addetto al controllo di processi produttivi; sviluppatore di applicazioni e servizi tecnologici; risolutore di problemi in ambiti in cui si richiedono capacità di analisi e modellizzazione basati sulle tecnologie quantistiche; divulgatore nel campo della scienza e delle tecnologie quantistiche; realizzatore di esperimenti innovativi con conseguente analisi ed interpretazione dei risultati valutatore dell'impatto delle soluzioni ingegneristiche quantistiche addetto alla gestione dell'innovazione e dello sviluppo della produzione, in relazione a soluzioni industriali basate sulle tecnologie quantistiche addetto alla realizzazione e manutenzione di apparati per computazione quantistica, per la comunicazione quantistica e per la sensoristica quantistica.

Competenze associate alla funzione:
Per lo svolgimento delle funzioni sopra descritte sono richieste delle specifiche conoscenze, capacità e abilità che vengono acquisite durante il percorso di studi e che vengono di seguito elencate: un'adeguata conoscenza di base della Meccanica Quantistica e della fisica dei principali sistemi quantistici, materiali o fotonici, di interesse per applicazioni nelle tecnologie quantistiche; delle conoscenze metodologiche e tecnologiche multidisciplinari per l'indagine fisica; delle solide competenze e abilità tecnologiche di analisi strumentali ad ampio spettro, finalizzate sia ad attività di ricerca che di monitoraggio e di controllo; competenze di informatica e ingegneria dell'informazione, tra cui in particolare la teoria e le tecnologie della comunicazione e delle reti, le tecnologie elettroniche digitali e dei campi elettromagnetici, delle abilità informatiche che permettono di sviluppare codice con linguaggi di programmazione moderni per il controllo quantistico dei sistemi o direttamente codici quantistici; la conoscenza avanzata della lingua inglese nell'ambito specifico di competenza; delle adeguate competenze e strumenti per la comunicazione e la gestione dell'informazione; la capacità di operare in ambito lavorativo in gruppo, in autonomia e di avere capacità di inserimento negli ambienti di lavoro; il possesso degli strumenti cognitivi di base per l'aggiornamento continuo delle proprie conoscenze.

Sbocchi occupazionali:
I laureati in QSE saranno il primo anello di congiunzione per garantire il funzionamento dell'intera filiera quantistica che dalla ricerca di base arriva fino alla competitività delle imprese high-tech italiane, rendendo attrattivo e dinamico il nostro sistema dell'innovazione. Ovviamente il mercato del lavoro è mondiale con un crescente numero di opportunità. I laureati possono trovare impiego con facilità in centri di ricerca e laboratori, pubblici e privati, dei settori della ricerca di base e applicata, dell'industria, dell'informatica, dell'ambiente e in generale dei servizi tecnologici avanzati; nelle aziende votate all'innovazione tecnologica; nella maggioranza delle aziende che sfruttano e sviluppano nuove tecnologie; negli enti pubblici o privati di monitoraggio ambientale relativamente alle problematiche di carattere fisico o fisico-chimico; nelle aziende vocate alla comunicazione e divulgazione scientifica; nell'editoria (case editrici, giornali e mass media) relativamente agli ambiti scientifico e tecnologico.

Art. 4
Requisiti di ammissione e conoscenze richieste per l'accesso al Corso di Studio[1]

Fonte: SUA

[1] Artt. 7, 13, 14 del Regolamento Didattico di Ateneo.

Quadro: A3.a – RAD 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 o 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

Art. 5
Modalità per l'accesso al Corso di Studio

Fonte: SUA Quadro: A3.b

La Commissione di Coordinamento Didattico del corso di norma disciplina i criteri di ammissione e l'eventuale programmazione delle iscrizioni, fatte salve differenti disposizioni di legge[2]. L'ammissione sarà basata primariamente sull'analisi della carriera universitaria dei candidati, ossia della media complessiva, la media nei SSD elencati nella sezione precedente e dei voti riportati ai singoli esami; ove ritenuto necessario un colloquio orale con i candidati potrà essere utilizzato per completare la valutazione ai fini dell'ammissione. L'ammissione è finalizzata a verificare il possesso di un'adeguata preparazione iniziale sugli argomenti elencati nella sezione precedente, nonché agli obiettivi di programmazione del numero degli iscritti.

Art. 6
Attività didattiche e Crediti Formativi Universitari

Ogni attività formativa prescritta dall'ordinamento del CdS viene misurata in crediti formativi universitari (CFU). Ogni CFU corrisponde convenzionalmente a 25 ore di impegno formativo

[2] L'accesso programmato a livello nazionale è disciplinato dalla legge 264 del 1999 e successive modifiche e integrazioni.

complessivo[3] per ciascuno studente e comprende le ore di attività didattica per lo svolgimento dell'insegnamento e le ore riservate allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale.
Per il Corso di Studio oggetto del presente Regolamento, le ore di attività didattica per lo svolgimento dell'insegnamento per ogni CFU, stabilite in relazione al tipo di attività formativa, sono le seguenti[4]:

- Lezione frontale o esercitazione: 8 ore per CFU;
- Attività di laboratorio o di campo: 8 ore per CFU;

Per le attività di Tirocinio, un CFU corrisponde a 25 ore di impegno formativo per ciascuno studente[5].
I CFU corrispondenti a ciascuna attività formativa sono acquisiti dallo studente con il soddisfacimento delle modalità di verifica del profitto (esame, idoneità) indicate nella Schedina relativa all'insegnamento/attività allegata al presente Regolamento.

Art. 7
Articolazione delle modalità di insegnamento

L'attività didattica viene svolta in modalità in presenza, in aula e in laboratorio (corso di studio convenzionale). La CCD delibera eventualmente quali insegnamenti prevedono anche attività didattiche offerte on-line. Alcuni insegnamenti possono svolgersi anche in forma seminariale e/o prevedere esercitazioni in aula/laboratori linguistici ed informatici. Informazioni dettagliate sulle modalità di svolgimento di ciascun insegnamento sono presenti sulle schede degli insegnamenti.

Art. 8
Prove di verifica delle attività formative[6]

1. La Commissione di Coordinamento Didattico, nell'ambito dei limiti normativi previsti[7], stabilisce il numero degli esami e le altre modalità di valutazione del profitto che determinano l'acquisizione dei crediti formativi universitari. Gli esami sono individuali e possono consistere in prove scritte, orali, pratiche, grafiche, tesine, colloqui o combinazioni di tali modalità.

---

[3] Secondo l'Art. 5, c. 1 del DM 270/2004 "Al credito formativo universitario corrispondono 25 ore di impegno complessivo per studente; con decreto ministeriale si possono motivatamente determinare variazioni in aumento o in diminuzione delle predette ore per singole classi, entro il limite del 20 per cento".

[4] Il numero di ore tiene conto delle indicazioni presenti nell'Art. 6, c. 5 del RDA: "Per ogni CFU, delle 25 ore complessive, la quota da riservare alle attività per lo svolgimento dell'insegnamento deve essere: a) compresa tra le 5 e le 10 ore per le lezioni e le esercitazioni; b) compresa tra le 5 e le 10 ore per le attività seminariali; c) compresa tra le 8 e le 12 ore per le attività di laboratorio o attività di campo. Sono, in ogni caso, fatti salvi in cui siano previste attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico, diverse disposizioni di Legge o diverse determinazioni previste dai DD.MM.".

[5] Per l'attività di Tirocinio (DM interministeriale 142/1998), fatte salve ulteriori specifiche disposizioni, il numero di ore di lavoro pari a 1 CFU non possono essere inferiori a 25.

[6] Art. 22 del Regolamento Didattico di Ateneo.

[7] Ai sensi dei DD.MM. 16.3.2007 in ciascun Corso di Studio gli esami o prove di profitto previsti non possono essere più di 20 (lauree; Art. 4. c. 2), 12 (lauree magistrali; Art. 4, c. 2), 30 (lauree a ciclo unico quinquennali) o 36 (lauree a ciclo unico sessennali; Art. 4 c. 3). Ai sensi del Regolamento Didattico di Ateneo, Art. 13 c. 4, per i Corsi di Laurea, "restano escluse dal conteggio le prove che costituiscono un accertamento di idoneità relativamente alle attività di cui all'Art. 10 c. 5 lettere c), d) ed e) del D.M. n. 270/2004 ivi compresa la prova finale per il conseguimento del titolo di studio". Per i Corsi di Laurea Magistrale e Magistrale a ciclo unico, invece, ai sensi del Regolamento Didattico di Ateneo, Art. 14 c. 7, "restano escluse dal conteggio degli esami le prove che costituiscono un accertamento di profitto relativamente alle attività di cui all'Art. 10 c. 5 lettere d) ed e) del D.M. n. 270/2004; l'esame finale per il conseguimento della Laurea Magistrale e Magistrale a ciclo unico rientra nel computo del numero massimo di esami".

2. Le modalità di svolgimento delle verifiche pubblicate nelle schedine insegnamento e il calendario degli esami saranno resi noti agli studenti prima dell'inizio delle lezioni sul sito web del Dipartimento[8].
3. Lo svolgimento degli esami è subordinato alla relativa prenotazione che avviene in via telematica. Qualora lo studente non abbia potuto procedere alla prenotazione per ragioni che il Presidente della Commissione considera giustificate, lo studente può essere egualmente ammesso allo svolgimento della prova d'esame, in coda agli altri studenti prenotati.
4. Prima della prova d'esame, il Presidente della Commissione accerta l'identità dello studente, che è tenuto ad esibire un documento di riconoscimento in corso di validità e munito di fotografia.
5. La valutazione a seguito di esame è espressa con votazione in trentesimi, l'esame è superato con la votazione minima di diciotto trentesimi, la votazione di trenta trentesimi può essere accompagnata dalla lode per voto unanime della Commissione. La valutazione a seguito di verifiche del profitto diverse dall'esame è espressa con un giudizio di idoneità.
6. Le prove orali di esame sono pubbliche, nel rispetto della normativa vigente in materia di sicurezza. Qualora siano previste prove scritte, il candidato ha il diritto di prendere visione del/i proprio/i elaborato/i dopo la correzione.
7. Le Commissioni d'esame sono disciplinate dal Regolamento Didattico di Ateneo[9].

Art. 9
Struttura del corso e piano degli studi

1. La durata legale del Corso di Studio è di 2 anni. È altresì possibile l'iscrizione sulla base di un contratto secondo le regole fissate dall'Ateneo (art. 24 Regolamento didattico di Ateneo).
   Lo studente dovrà acquisire 120 CFU, riconducibili alle seguenti Tipologie di Attività Formative (TAF):
   B) caratterizzanti,
   C) affini o integrative,
   D) a scelta dello studente[10],
   E) per la prova finale,
   F) ulteriori attività formative.
2. La laurea si consegue dopo avere acquisito 120 CFU con il superamento degli esami, in numero non superiore a 12, ivi compreso l'esame finale, e lo svolgimento delle altre attività formative.
   Fatta salva diversa disposizione dell'ordinamento giuridico degli studi universitari, ai fini del conteggio si considerano gli esami sostenuti nell'ambito delle attività di base, caratterizzanti e affini o integrative nonché nell'ambito delle attività autonomamente scelte dallo studente (TAF D). Gli esami o valutazioni di profitto relativi alle attività autonomamente scelte dallo studente

[8] Si richiama l'Art. 22 c. 8 del RDA in base al quale "il Dipartimento o la Scuola cura che le date per le verifiche di profitto siano pubblicate sul portale con congruo anticipo che di norma non può essere inferiore a 60 giorni prima dell'inizio di ciascun periodo didattico e che sia previsto un adeguato periodo di tempo per l'iscrizione all'esame che deve essere di norma obbligatoria".

[9] Si richiama l'Art. 22, c. 4 del RDA in base al quale "le Commissioni di esame e delle altre verifiche di profitto sono nominate dal Direttore del Dipartimento o dal Presidente della Scuola quando previsto dal Regolamento della stessa. È possibile delegare tale funzione al Coordinatore della CCD. Le Commissioni sono composte dal Presidente ed eventualmente da altri docenti o cultori della materia. Per gli insegnamenti attivi, il Presidente è il titolare dell'insegnamento ed in tal caso la Commissione delibera validamente anche in presenza del solo Presidente. Negli altri casi, il Presidente è un docente individuato all'atto della nomina della Commissione. Alla valutazione collegiale complessiva del profitto a conclusione di un insegnamento integrato partecipano i docenti titolari dei moduli coordinati e il Presidente è individuato all'atto della nomina della Commissione".

[10] Corrispondenti ad almeno 12 CFU per le lauree triennali e ad almeno 8 CFU per le lauree magistrali (Art. 4, c. 3 del D.M. 16.3.2007).

possono essere considerate nel computo complessivo corrispondenti a una unità[11]. Restano escluse dal conteggio le prove che costituiscono un accertamento di idoneità relativamente alle attività di cui all'Art. 10 comma 5 lettere d) ed e) del D.M. 270/2004[12]. Gli insegnamenti integrati, composti da due o più moduli, prevedono un'unica prova di verifica.

3. Per acquisire i CFU relativi alle attività a scelta autonoma, lo studente ha libertà di scelta tra tutti gli insegnamenti attivati presso l'Ateneo, purché coerenti con il progetto formativo. Tale coerenza viene valutata dalla Commissione di Coordinamento Didattico del CdS. Anche per l'acquisizione dei CFU relativi alle attività a scelta autonoma è richiesto il "superamento dell'esame o di altra forma di verifica del profitto" (Art. 5, c. 4 del D.M. 270/2004).
4. Il piano di studi sintetizza la struttura del corso elencando gli insegnamenti previsti suddivisi per anno di corso ed eventualmente per curriculum. Alla fine della tabella del piano di studi sono elencate le propedeuticità previste dal Corso di Studio. Il piano degli studi offerto agli studenti, con l'indicazione dei settori scientifico-disciplinari e dell'ambito di afferenza, dei crediti, della tipologia di attività didattica è riportato nell'Allegato 1 al presente Regolamento.
5. Ai sensi dell'Art. 11, c. 4-bis del DM 270/2004, è possibile conseguire il titolo secondo un piano di studi individuale comprendente anche attività formative diverse da quelle previste dal Regolamento didattico, purché in coerenza con l'Ordinamento didattico del Corso di Studio dell'anno accademico di immatricolazione. Il Piano di Studi individuale è approvato da CCD.

Art. 10
Obblighi di frequenza[13]

1. In generale, la frequenza alle lezioni frontali è fortemente consigliata ma non obbligatoria
   In caso di singoli insegnamenti con frequenza obbligatoria, tale opzione sarà appositamente indicata nella singola scheda insegnamento disponibile nell'Allegato 2.
2. Qualora il docente preveda una modulazione del programma diversa tra studenti frequentanti e non, questa sarà appositamente indicata nella singola scheda insegnamento pubblicata sulla pagina web del corso e sul sito docentiUniNA.
3. La frequenza alle attività seminariali che attribuiscono crediti formativi è obbligatoria. Le relative modalità per l'attribuzione di CFU è compito della CCD.

Art. 11
Propedeuticità e conoscenze pregresse

1. L'elenco delle propedeuticità in ingresso (necessarie per sostenere un determinato esame) e in uscita è riportato alla fine dell'Allegato 1 e nella Schedina insegnamento/attività (Allegato 2).

---

[11] Art. 4, c. 2 dell'Allegato 1 al D.M. 386/2007.

[12] Art. 10, c. 5 del D.M. 270/2004: "Oltre alle attività formative qualificanti, come previsto ai commi 1, 2 e 3, i Corsi di Studio dovranno prevedere: a) attività formative autonomamente scelte dallo studente purché coerenti con il progetto formativo [TAF D]; b) attività formative in uno o più ambiti disciplinari affini o integrativi a quelli di base e caratterizzanti, anche con riguardo alle culture di contesto e alla formazione interdisciplinare [TAF C]; c) attività formative relative alla preparazione della prova finale per il conseguimento del titolo di studio e, con riferimento alla laurea, alla verifica della conoscenza di almeno una lingua straniera oltre l'italiano [TAF E]; d) attività formative, non previste dalle lettere precedenti, volte ad acquisire ulteriori conoscenze linguistiche, nonché abilità informatiche e telematiche, relazionali, o comunque utili per l'inserimento nel mondo del lavoro, nonché attività formative volte ad agevolare le scelte professionali, mediante la conoscenza diretta del settore lavorativo cui il titolo di studio può dare accesso, tra cui, in particolare, i tirocini formativi e di orientamento di cui al decreto 25 marzo 1998, n. 142, del Ministero del lavoro [TAF F]; e) nell'ipotesi di cui all'articolo 3, comma 5, attività formative relative agli stages e ai tirocini formativi presso imprese, amministrazioni pubbliche, enti pubblici o privati ivi compresi quelli del terzo settore, ordini e collegi professionali, sulla base di apposite convenzioni".

[13] Art. 22, c. 10 del Regolamento Didattico di Ateneo.

2. Le eventuali conoscenze pregresse ritenute necessarie sono indicate nella singola Scheda Insegnamento pubblicata sulla pagina web del corso e sul sito docentiUniNA.

Art. 12
Calendario didattico del CdS

Il calendario didattico del CdS viene reso disponibile sul sito web del Dipartimento con congruo anticipo rispetto all'inizio delle attività (Art. 21, c. 5 del RDA).

Art. 13
Criteri per il riconoscimento dei crediti acquisiti in altri Corsi di Studio della stessa Classe[14]

Per gli studenti provenienti da Corsi di Studio della stessa Classe la Commissione di Coordinamento Didattico assicura il riconoscimento dei CFU, ove associati ad attività culturalmente compatibili con il percorso formativo, acquisiti dallo studente presso il Corso di Studio di provenienza, secondo i criteri di cui al successivo articolo 14. Il mancato riconoscimento di crediti formativi universitari deve essere adeguatamente motivato. Resta fermo che la quota di crediti formativi universitari relativi al medesimo settore scientifico-disciplinare direttamente riconosciuti allo studente, non può essere inferiore al 50% di quelli già conseguiti.

Art. 14
Criteri per il riconoscimento dei crediti acquisiti in Corsi di Studio di diversa Classe, in corsi di studio universitari o di livello universitario, attraverso corsi singoli, presso Università telematiche e in Corsi di Studio internazionali[15]; criteri per il riconoscimento di CFU per attività extra-curriculari

1. Il riconoscimento dei crediti acquisiti in Corsi di Studio di diversa Classe, in Corsi di studio universitari o di livello universitario, attraverso corsi singoli, presso Università telematiche e in Corsi di Studio internazionali, avviene ad opera della CCD, sulla base dei seguenti criteri:
   - analisi del programma svolto;
   - valutazione della congruità dei settori scientifico disciplinari e dei contenuti delle attività formative in cui lo studente ha maturato i crediti con gli obiettivi formativi specifici del Corso di Studio e delle singole attività formative da riconoscere, perseguendo comunque la finalità di mobilità degli studenti.

   Il riconoscimento è effettuato fino a concorrenza dei crediti formativi universitari previsti dall'ordinamento didattico del Corso di Studio. Il mancato riconoscimento di crediti formativi universitari deve essere adeguatamente motivato. Ai sensi dell'Art. 5, comma 5-bis, del D.M. 270/2004, è possibile altresì l'acquisizione di crediti formativi presso altri atenei italiani sulla base di convenzioni stipulate tra le istituzioni interessate, ai sensi della normativa vigente[16].
2. L'eventuale riconoscimento di CFU relativi ad esami superati come corsi singoli potrà avvenire entro il limite di 36 CFU, ad istanza dell'interessato e in seguito all'approvazione della CCD. Il riconoscimento non potrà concorrere alla riduzione della durata legale del Corso di Studio, così come determinata dall'Art. 8, c. 2 del D.M. 270/2004, fatta eccezione per gli studenti che si iscrivono essendo già in possesso di un titolo di studio di pari livello[17].

[14] Art. 19 del Regolamento Didattico di Ateneo.
[15] Art. 19 del Regolamento Didattico di Ateneo.
[16] Art. 6, c. 9 del Regolamento Didattico di Ateneo.
[17] Art. 19, c. 4 del Regolamento Didattico di Ateneo.

3. Relativamente ai criteri per il riconoscimento di CFU per attività extra-curriculari, entro un limite massimo di 12 CFU possono essere riconosciute le seguenti attività:
    - conoscenze e abilità professionali e abilità certificate, tenendo conto della congruenza dell'attività svolta e/o dell'abilità certificata rispetto alle finalità e agli obiettivi del Corso di Studio di iscrizione nonché dell'impegno orario della durata di svolgimento;
    - conoscenze e abilità maturate in attività formative di livello post-secondario alla cui progettazione e realizzazione abbia concorso l'Università.

Art. 15
Criteri per l'iscrizione a corsi singoli di insegnamento attivati nell'ambito dei Corsi di Studio

L'iscrizione a singoli corsi di insegnamento, previsti dal Regolamento di Ateneo[18], è disciplinata dal "Regolamento di Ateneo per l'iscrizione a corsi singoli di insegnamento attivati nell'ambito dei Corsi di Studio"[19].

Art. 16
Caratteristiche e modalità di svolgimento della prova finale

Fonte: SUA
Quadro: A5a (RAD) e A5b

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. La Prova finale è sostenuta dal Candidato innanzi a una Commissione presieduta dal Coordinatore del Corso di Studi (o da un suo sostituto) e consiste nella presentazione del lavoro di tesi svolto sotto al guida di uno o più Relatori, e nella successiva discussione dei contenuti con i componenti della Commissione. Il Candidato dovrà fornire copia della Tesi di Laurea magistrale ai Membri della Commissione secondo le modalità specificate dal Regolamento del Corso di Studi. All'atto della presentazione al Candidato è consentito di avvalersi di un supporto audio-visivo da proiettare pubblicamente. Al termine della presentazione ciascun membro della Commissione può rivolgere osservazioni e formulare domande al Candidato inerenti all'argomento del lavoro di Tesi. La presentazione deve avere una durata compresa tra 20 e 25 minuti e deve essere condotta in lingua inglese.

Art. 17
Linee guida per le attività di tirocinio e *stage*

1. Gli studenti iscritti al CdS possono decidere di effettuare attività di tirocinio o *stage* formativi presso Enti o Aziende convenzionati con l'Ateneo. Le attività di tirocinio e *stage* non sono obbligatorie, e concorrono all'attribuzione di crediti formativi per le Altre attività formative a scelta dello studente inserite nel piano di studi, così come previsto dall'Art. 10, comma 5, lettere d ed e, del D.M. 270/2004[20].

[18] Art. 19, c. 4 del Regolamento Didattico di Ateneo.
[19] D.R. n. 348/2021.
[20] I tirocini *ex* lettera d possono essere sia interni che esterni; tirocini e *stage ex* lettera e possono essere solo esterni.

2. Le modalità di svolgimento e le caratteristiche di tirocini e *stage* sono disciplinate dalla CCD con un apposito regolamento.
3. L'Università degli Studi di Napoli Federico II, per il tramite della Scuola Politecnica e delle Scienze di Base, assicura un costante contatto con il mondo del lavoro, per offrire a studenti e laureati dell'Ateneo concrete opportunità di tirocini e *stage* e favorirne l'inserimento professionale.

Art. 18
Decadenza dalla qualità di studente[21]

Incorre nella decadenza lo studente che non abbia sostenuto esami per otto anni accademici consecutivi, a meno che il suo contratto non stabilisca condizioni diverse. In ogni caso, la decadenza va comunicata allo studente a mezzo posta elettronica certificata o altro mezzo idoneo che ne attesti la ricezione.

Art. 19
Compiti didattici, comprese le attività didattiche integrative, di orientamento e di tutorato

1. I docenti e ricercatori svolgono il carico didattico assegnato secondo quanto disposto dal Regolamento didattico di Ateneo e nel Regolamento sui compiti didattici e di servizio agli studenti dei professori e ricercatori e sulle modalità per l'autocertificazione e la verifica dell'effettivo svolgimento[22].
2. Docenti e ricercatori devono garantire almeno due ore di ricevimento ogni 15 giorni (o per appuntamento in ogni caso concesso non oltre i 15 giorni) e comunque garantire la reperibilità via posta elettronica.
3. Il servizio di tutorato ha il compito di orientare e assistere gli studenti lungo tutto il corso degli studi e di rimuovere gli ostacoli che impediscono di trarre adeguato giovamento dalla frequenza dei corsi, anche attraverso iniziative rapportate alle necessità e alle attitudini dei singoli.
4. L'Università assicura servizi e attività di orientamento, di tutorato e assistenza per l'accoglienza e il sostegno degli studenti. Tali attività sono organizzate dalle Scuole e/o dai Dipartimenti con il coordinamento dell'Ateneo, secondo quanto stabilito dal RDA nell'articolo 8.

Art. 20
Valutazione della qualità delle attività svolte

1. La Commissione di Coordinamento Didattico attua tutte le forme di valutazione della qualità delle attività didattiche previste dalla normativa vigente secondo le indicazioni fornite dal Presidio della Qualità di Ateneo.
2. Al fine di garantire agli studenti del Corso di Studio la qualità della didattica nonché di individuare le esigenze degli studenti e di tutte le parti interessate, l'Università degli Studi di Napoli Federico II si avvale del sistema di Assicurazione Qualità (AQ)[23], sviluppato in conformità al documento "Autovalutazione, Valutazione e Accreditamento del Sistema Universitario Italiano" dell'ANVUR, utilizzando:
   - indagini sul grado di inserimento dei laureati nel mondo del lavoro e sulle esigenze post–lauream;

[21] Art. 24, c. 5 del Regolamento Didattico di Ateneo.
[22] D.R. n. 2482//2020.
[23] Il sistema di Assicurazione Qualità, basato su un approccio per processi e adeguatamente documentato, è progettato in maniera tale da identificare le esigenze degli studenti e di tutte le parti interessate, per poi tradurle in requisiti che l'offerta formativa deve rispettare.

- dati estratti dalla somministrazione del questionario per la valutazione della soddisfazione degli studenti per ciascun insegnamento presente nel piano di studi, con domande relative alle modalità di svolgimento del corso, al materiale didattico, ai supporti didattici, all'organizzazione, alle strutture.

I requisiti derivanti dall'analisi dei dati sulla soddisfazione degli studenti, discussi e analizzati dalla Commissione di Coordinamento Didattico e dalla Commissione Paritetica Docenti Studenti (CPDS), sono inseriti fra i dati di ingresso nel processo di progettazione del servizio e/o fra gli obiettivi della qualità.

3. L'organizzazione dell'AQ sviluppata dall'Ateneo realizza un processo di miglioramento continuo degli obiettivi e degli strumenti adeguati per raggiungerli, facendo in modo che in tutte le strutture siano attivati processi di pianificazione, monitoraggio e autovalutazione che consentano la pronta rilevazione dei problemi, il loro adeguato approfondimento e l'impostazione di possibili soluzioni.

Art. 21
Norme finali

1. Il Consiglio di Dipartimento, su proposta della Commissione di Coordinamento Didattico, sottopone all'esame del Senato Accademico eventuali proposte di modifica e/o integrazione del presente Regolamento.

Art. 22
Pubblicità ed entrata in vigore

1. Il presente Regolamento entra in vigore il giorno successivo alla pubblicazione all'Albo ufficiale dell'Università; è inoltre pubblicato sul sito d'Ateneo. Le stesse forme e modalità di pubblicità sono utilizzate per le successive modifiche e integrazioni.
2. Sono parte integrante del presente Regolamento l'Allegato 1 (Struttura CdS) e l'Allegato 2 (Schedina insegnamento/attività).

ALLEGATO 1

REGOLAMENTO DIDATTICO DEL CORSO DI STUDIO

QUANTUM SCIENCE AND ENGINEERING

CLASSE LM-44/LM-120 (c.u.)

Scuola: Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento: Fisica "Ettore Pancini"

Regolamento in vigore a partire dall'a.a. 2024-2025

PIANO DEGLI STUDI

LEGENDA

TIPOLOGIA DI ATTIVITÀ FORMATIVA (TAF):

B = Caratterizzanti

C = Affini o integrativi

D = Attività a scelta

E = Prova finale e conoscenze linguistiche

F = Ulteriori attività formative

I Anno									
Denominazione Insegnamento	**SSD**	**Modulo**	**CFU**	**Ore**	**Tipologia Attività** ***(lezione frontale, laboratorio ecc.)***	**Modalità** ***(in presenza, a distanza)***	**TAF**	**Ambito disciplinare**	**Obbligatorio /a scelta**
Fondamenti di Meccanica Quantistica	FIS/02	Mod I Principi	12	48	Lezione frontale	In presenza	B	Discipline matematiche ,fisiche e informatiche	Obbligatorio
Fondamenti di Meccanica Quantistica	FIS/03	Mod II sistemi fisici		48		In presenza	B		

Circuiti e tecnologie alle micro-onde	ING-INF/02	unico	6	48	Lezione frontale	In presenza	B	Discipline ingegneristiche	Obbligatorio
Elettronica digitale per applicazioni quantistiche	ING-INF/01	unico	6	48	Lezione frontale	In presenza	B	Discipline ingegneristiche	Obbligatorio
Principi di Comunicazione Quantistica	ING-INF/03	unico	6	48	Lezione frontale	In presenza	C	Attività affini e integrative	Obbligatorio
Computazione Quantistica	INF/01	Mod I: Teoria	12	48	Lezione frontale	In presenza	B	Discipline matematiche ,fisiche e informatiche	Obbligatorio
Computazione Quantistica	ING-INF/05	Mod II: Architetture e alte prestazioni		48		In presenza		Discipline ingegneristiche	
Sistemi quantistici applicati	FIS/03	unico	9	72	Lezione frontale e Laboratorio	In presenza	B	Discipline matematiche, fisiche e informatiche	Obbligatorio
1 Esame a scelta fra quelli elencati nel secondo anno		unico	6	48		In presenza	C		Obbligatorio a scelta

II Anno									
Denominazione Insegnamento	**SSD**	**Modulo**	**CFU**	**Ore**	**Tipologia Attività** ***(lezione frontale, laboratorio ecc.)***	**Modalità** ***(in presenza, a distanza)***	**TAF**	**Ambito disciplinare**	**Obbligatorio /a scelta**
Elettrodinamica dei circuiti quantistici e dispositivi quantistici	ING-	unico	9	72	Lezione frontale	In presenza	B	Discipline ingegneristiche	Obbligatorio

	IND /31								
Principi fisici dell'Informazione quantistica	FIS/ 03	unico	6+ 6	48	Lezione frontale	In presenza	C	Attività affini e integrative	Obbligatorio - Corsi integrativi a scelta dello studente oppure come indicato in Nota 1 (due a scelta)
Ottica quantistica	FIS/ 03	unico		48		In presenza			
Simulatori quantistici	FIS/ 03	unico		48		In presenza			
Materiali Quantistici e qubit a stato solido	FIS/ 03	unico		48		In presenza			
Programmazione avanzata	ING - INF /05	unico		48		In presenza			
Software quantistico	INF /01	unico		48		In presenza			
Metrologia e sensori quantistici	ING - INF /07	unico		48		In presenza			
Networks per la comunicazione quantistica avanzata	ING - INF /03	unico		48		In presenza			
Rivelatori quantistici per le scienze di base	FIS/ 01	unico		48		In presenza			
Tecnologie quantistiche superconduttive	FIS/ 03	unico		48		In presenza			
Chimica quantistica	CHI M/ 02	unico		48		In presenza			
Teoria della misura quantistica	FIS/ 02	unico		48		In presenza			

Algoritmi quantistici	FIS/02	unico		48		In presenza			
Processi di fabbricazione alla nanoscala e caratterizzazione per dispositivi avanzati	FIS/01	unico		48		In presenza			
Sistemi non lineari	ING-INF/04	unico		48		In presenza			
Rivelatori quantistici per applicazioni	FIS/07	Unico		48		In presenza			
Matematica per la meccanica quantistica	MAT/07	Unico		48		In presenza			
Metodi matematici per l'Informazione Quantistica	MAT/05	unico		48		In presenza			
Attività formative a scelta libera dello studente (Nota 2)			12	96	Lezione frontale, o tirocinio		D	A scelta dello studente	Obbligatorio - Attività formative a scelta libera dello studente (Nota 2)
Tirocini formativi e di orientamento (Nota 2)		unico	6	48	Laboratorio o tirocinio		F	Ulteriori attività formative	Obbligatorio - Attività formative a scelta libera dello studente (o tirocinio)
Ulteriori attività formative (nota 3)			3	24			F	Ulteriori attività formative	
Prova finale			21	168			E	Prova finale	Obbligatorio

Nota 1: Oltre ai corsi dell'elenco A, lo studente potrà anche inserire in questo spazio qualsiasi insegnamento offerto per le seguenti lauree magistrali: Fisica, Informatica, Ingegneria Elettronica, Ingegneria delle Telecomunicazioni, Ingegneria Informatica.

Nota 2: Lo studente può scegliere qualsiasi insegnamento offerto dall'Ateneo. Può altresì inserire attività di tirocinio formativo, purché preventivamente approvate.

Nota 3: Lo studente può utilizzare questi CFU per acquisire ulteriori conoscenze linguistiche, ovvero abilità informatiche e telematiche, per tirocini formativi e di orientamento, per acquisire altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro. È possibile in particolare acquisire questi CFU per attività formative propedeutiche alla prova finale.

Oltre al percorso standard descritto sopra per studenti provenienti da lauree triennali, percorsi abbreviati accelerati per studenti che sono già laureati magistrali in fisica o in ingegneria sono previsti al fine di consentire il conseguimento della laurea magistrale in Quantum Science and Engineering in un anno (60 CFU).
La Commissione di Coordinamento Didattico (CCD) definirà i percorsi abbreviati in dipendenza della specifica laurea magistrale e della carriera pregressa dello studente.

ALLEGATO 2.1

REGOLAMENTO DIDATTICO DEL CORSO DI STUDIO

QUANTUM SCIENCE AND ENGINEERING

CLASSE LM-44/LM-120 (c.u.)

Scuola: Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento: Fisica “Ettore Pancini”

Regolamento in vigore a partire dall’a.a. 2024-2025

Insegnamento: Advanced Quantum Communication Networks	**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese	
SSD: ING-INF/03		**CFU:** 6
Anno di corso: primo o secondo	**Tipologia di Attività Formativa:** Attività affini e integrative, C	
Modalità di svolgimento: In presenza. In particolare, Il corso è organizzato integrando lezioni frontali tradizionali con sessioni di laboratorio interattive. Durante il corso saranno inoltre eventualmente organizzati seminari invitando esperti negli ambiti di interesse e saranno adottati metodi di insegnamento innovativi, come ad esempio strategie di flipped classroom e feedback teaching.		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore studia la pianificazione, la progettazione, la realizzazione (hardware e software) e l'esercizio di apparati, sistemi e infrastrutture per applicazioni finalizzate: al trasferimento di segnali via cavo (rame o fibra), via radio (terrestre o satellitare) o altri mezzi di propagazione, con l'impiego di tecnologie specifiche quali quelle ottiche e per comunicazioni mobili; (omissis) all'interconnessione in rete per il trasporto dell'informazione (omissis). Sono inclusi aspetti di base (teoria dei fenomeni aleatori, dell'informazione, dei codici, dei segnali, del traffico, dei protocolli, etc.) (omissis).		
Obiettivi formativi: Lo scopo del corso è quello di fornire agli studenti le conoscenze relative all'analisi e alla progettazione di protocolli di comunicazione per reti quantistiche. Innanzitutto verranno introdotti i fondamenti delle reti di comunicazione classiche. Successivamente verranno presentate le nozioni avanzate relative alla progettazione di reti quantistiche, comprese le problematiche derivanti dalla distribuzione dell'entanglement tra nodi remoti. Inoltre, lo stack protocollare per la Quantum Internet verrà presentato e analizzato attentamente. A questo scopo verranno opportunamente discussi i suoi requisiti non convenzionali e le sue peculiarità rispetto allo stack protocollare classico TCP/IP. Verranno presentati e analizzati alcuni casi d'uso, come il calcolo quantistico distribuito.		
Propedeuticità in ingresso: Principles of Quantum Communications **Propedeuticità in uscita:** Nessuno		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale e discussione di un elaborato progettuale		

Insegnamento: Advanced Programming	**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese
SSD: ING-INF/05	**CFU:** 6
Anno di corso: secondo	**Tipologia di Attività Formativa:** B
Modalità di svolgimento: in presenza	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore è caratterizzato dall'insieme di ambiti scientifici e di competenze scientifico-disciplinari relativi al progetto ed alla realizzazione dei sistemi di elaborazione dell'informazione, nonché alla loro gestione ed utilizzazione nei vari contesti applicativi con metodologie e tecniche proprie dell'ingegneria. Rientrano in questo ambito i fondamenti teorici, i metodi e le tecnologie atti a produrre progetti tecnicamente validi, dal punto di vista sia dell'adeguatezza delle soluzioni proposte sia della possibilità di realizzazione tecnica sia della convenienza economica sia dell'efficacia organizzativa. Tali fondamenti, metodi e tecnologie spaziano su tutti gli aspetti relativi ad un sistema di elaborazione, da quelli hardware a quelli software.	
Obiettivi formativi: Il corso ha l'obiettivo di fornire conoscenze e competenze di programmazione avanzata in ambito concorrente e distribuito, introducendo gli strumenti per la programmazione di applicazioni multithreading e su rete in linguaggio Python, e fornendo le basi del concetto di middleware e delle diverse soluzioni adottate in ambito industriale, soffermandosi principalmente sul modello orientato ai messaggi, con applicazioni su tecnologie reali.	
Propedeuticità in ingresso: nessuna **Propedeuticità in uscita:** nessuna	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: prova orale con discussione di elaborato progettuale	

Insegnamento: Applied Quantum Systems	**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese
SSD: FIS/03	**CFU:** 9
Anno di corso: primo	**Tipologia di Attività Formativa:** Discipline matematiche, fisiche e informatiche, B
Modalità di svolgimento: lezioni frontali ed esperienze di laboratorio	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore si interessa all'attività scientifica, didattica e formativa relativa allo studio sperimentale dei fenomeni che emergono dall'interazione dei costituenti della materia a livello atomico, in tutti gli stati di aggregazione, in condizioni normali ed estreme, di equilibrio e di non equilibrio. Le competenze di questo settore riguardano la ricerca sperimentale nei campi della fisica atomica e molecolare, degli stati liquidi e solidi, degli stati diluiti e dei plasmi, dei condensati e di stati quantisticamente coerenti, considerando anche le transizioni di fase, i sistemi a bassa dimensionalità, i sistemi complessi, e i sistemi disordinati. Le conoscenze fondamentali acquisite sono applicate alla scienza dei materiali dai sistemi metallici, magnetici e fortemente correlati, superconduttori, ai superfluidi, semiconduttori e isolanti, alla materia soffice, ai liquidi e ai vetri e includono le proprietà dei materiali sia su scala nanoscopica che su scala mesoscopica e macroscopica. I campi di applicazione specifici includono la fotonica, l'ottica e l'optoelettronica, l'elettronica quantistica, la spintronica, la plasmonica, l'informazione quantistica e le tecnologie quantistiche, le nanotecnologie, i materiali innovativi per la conversione e l'immagazzinamento di energia e per uno sviluppo sostenibile.	
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a sviluppare la sensibilità scientifica dello studente all'ideazione e realizzazione di esperimenti di avanguardia e di applicazioni nel settore delle Tecnologie Quantistiche (QT) . Si accompagna un percorso formativo su tematiche ed esperimenti che utilizzano concetti di meccanica quantistica e tecnologie di avanguardia per l'ideazione, la realizzazione e la caratterizzazione di dispositivi quantistici e/o nanostrutturati per la computazione quantistica e per un'ampia gamma di applicazioni. In tali dispositivi la meccanica quantistica non è solo la chiave per interpretare la natura ma diventa il principio attivo per la costruzione di nuove "macchine". Il corso copre la descrizione di sistemi consolidati usati nello sviluppo delle tecnologie quantistiche con un focus su sistemi a stato solido, sull'informazione di fase nel trasporto in sistemi mesoscopici, su effetti quantistici macroscopici, dispositivi e circuiti, concezione di un qubit, sovrapposizione di stati quantistici, introduzione alle operazioni quantistiche, Entanglement, Qubit superconduttivi e loro architetture, Accoppiamento qubit cavità: accoppiamento risonante e dispersivo, read-out dispersivo di un qubit in una cavità, controllo quantistico di qubit in una cavità.	
Propedeuticità in ingresso: Foundations of Quantum Mechanics **Propedeuticità in uscita:**	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: prova orale	

Insegnamento: Elettronica digitale per applicazioni quantistiche	**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese
SSD: Ing-Inf/01	**CFU:** 6
Anno di corso: secondo	**Tipologia di Attività Formativa:** Discipline ingegneristiche, B
Modalità di svolgimento: In presenza	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Le attività di interesse includono: studi teorici e sperimentali di principi fisici e di tecnologie; progettazione e realizzazione di dispositivi, circuiti, apparati e sistemi sulla base delle specifiche, delle normative e dei costi fissati dalle applicazioni. Il settore contiene un'ampia gamma di competenze (dispositivi a semiconduttore per bassa e per alta frequenza, circuiti, microcircuiti, sensori, strumentazione elettronica, nanotecnologie, dispositivi e circuiti nanoelettronici, dispositivi fotonici, efficienza energetica di circuiti e sistemi, strumenti informatici per la progettazione assistita, ecc.), ciascuna comprendente aspetti di tipo metodologico, progettuale, tecnologico e sperimentale.	
Obiettivi formativi: Fornire allo studente le nozioni fondamentali per l'analisi di circuiti elettronici analogici elementari integrati per applicazioni quantum. Vengono a tal fine introdotte le caratteristiche dei dispositivi elettronici fondamentali: diodo e transistore MOS e se ne studiano le applicazioni negli amplificatori elementari, con specifico riferimento ai circuiti analogici integrati per qubit in tecnologia a semiconduttore.	
Propedeuticità in ingresso: nessuna **Propedeuticità in uscita:**	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Orale	

Insegnamento: Fondamenti di Meccanica Quantistica mod I: Principi	**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese
SSD: Fisica Teorica, Modelli e Metodi Matematici (FIS02)	**CFU:** 6
Anno di corso: primo	**Tipologia di Attività Formativa:** Discipline matematiche, fisiche e informatiche, B
Modalità di svolgimento: in presenza	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Comprende le competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici quantistici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici e computazionali, nonché le competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici quantistici.	
Obiettivi formativi: Concetti fondamentali e matematici della meccanica quantistica. Il corso coprirà gli aspetti cardinali della fisica quantistica nelle loro basi fenomenologiche, teoriche, matematiche e sperimentali. Il corso mira a fornire una conoscenza operativa dei principî della meccanica quantistica in vista della comprensione della teoria dell'informazione quantistica e della computazione quantistica.	
Propedeuticità in ingresso: N/A **Propedeuticità in uscita:** tutti gli insegnamenti del corso di laurea dal secondo semestre del 1 anno in poi.	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: scritto e orale	

Insegnamento: Fondamenti di Meccanica Quantistica Mod II: Sistemi fisici	**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese
SSD: FIS/03	**CFU:** 6
Anno di corso: primo	**Tipologia di Attività Formativa:** Discipline matematiche, fisiche e informatiche, B
Modalità di svolgimento: In presenza	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: "trattazione teorica e sperimentale degli stati di aggregati sia atomici sia molecolari… trattazione delle proprietà di propagazione e interazione dei fotoni con i campi e con la materia."	
Obiettivi formativi: Conoscenza dei principi della meccanica quantistica per la comprensione delle realizzazioni fisiche di computer quantistici	
Propedeuticità in ingresso: Foundations of Quantum Mechanics Mod I: PRINCIPLES **Propedeuticità in uscita:** Quantum Computation, Applied Quantum Systems, Quantum circuit electrodynamics and Quantum devices	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale	

Insegnamento: Matematica per la Meccanica Quantistica		**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese
SSD: MAT/07		**CFU**: 6
Anno di corso: **primo o secondo**	**Tipologia di Attività Formativa**: Discipline matematiche, fisiche e informatiche, C	
Modalità di svolgimento: in presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Aspetti di fisica matematica e teoria dei sistemi dinamici, con tecniche sia analitiche sia geometriche, applicati alla meccanica quantistica.		
Obiettivi formativi: Conoscenza operativa di strumenti e metodi matematici che trovano applicazione nell'ambito della meccanica quantistica, quali le equazioni differenziali alle derivate parziali, i problemi agli autovalori, gli sviluppi in funzioni ortogonali, la teoria degli operatori.		
Propedeuticità in ingresso: Fondamenti di meccanica quantistica **Propedeuticità in uscita:** nessuna		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: esame scritto e orale		

Insegnamento: Metodi Matematici per l'Informazione Quantistica		**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese
SSD: **MAT/05**		**CFU**: 6
Anno di corso: primo o secondo	**Tipologia di Attività Formativa**: Discipline matematiche, fisiche e informatiche, C	
Modalità di svolgimento: in presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Calcolo delle variazioni e teoria delle funzioni, sia reali sia complesse, teoria analitica dei numeri, applicati all'informazione quantistica.		
Obiettivi formativi: Conoscenza operativa di strumenti e metodi matematici che trovano applicazione nell'ambito dell'informazione quantistica, quali aspetti di teoria dei numeri complessi, algebra lineare in spazi di Hilbert, teoria degli operatori, problemi agli autovalori, teoria della probabilità, elementi di teoria dei numeri.		
Propedeuticità in ingresso: Fondamenti di meccanica quantistica **Propedeuticità in uscita:** nessuna		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: esame scritto e orale		

Insegnamento: Circuiti e tecnologie alle micro-onde	**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** inglese
SSD: ING-INF/02	**CFU:** 6
Anno di corso: primo	**Tipologia di Attività Formativa:** Discipline Ingegneristiche B
Modalità di svolgimento: in presenza	

Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso:

La progettazione dei circuiti passivi ad altissima frequenza si è sviluppata in parallelo, analizzando situazioni via via più complesse, con varietà di elementi, anche attivi: è l'area dei componenti e circuiti a microonde e ad onde millimetriche. ING-INF/02 CAMPI ELETTROMAGNETICI

Il settore trae la sua origine storica dallo studio delle onde elettromagnetiche attraverso le equazioni di Maxwell. Questo modello, tuttora assai moderno, offre continue opportunità di analisi deduttive e spunti formali, costituendo ampia base di lavoro per gli studiosi di teoria dell'elettromagnetismo. Gli sviluppi iniziali sono stati rivolti alle telecomunicazioni; da qui traggono origine gli studi sulla propagazione libera e guidata e sui metodi di progettazione delle antenne, veri assi portanti del settore, assieme all'analisi dei problemi di diffusione. I più recenti sviluppi degli studi della propagazione si sono indirizzati verso la caratterizzazione del canale per le comunicazioni mobili e verso i componenti e sistemi ottici. La progettazione dei circuiti passivi ad altissima frequenza si è sviluppata in parallelo, analizzando situazioni via via più complesse, con varietà di elementi, anche attivi: è l'area dei componenti e circuiti a microonde e ad onde millimetriche. Più recentemente si sono sviluppati i settori del telerilevamento, fondamentale per la diagnostica dell'ambiente, in particolare attraverso i moderni radar, e quello degli effetti biologici dei campi elettromagnetici, fondamentale per controllare che lo sviluppo dei sistemi via radio non costituisca danno per gli esseri viventi e per individuare applicazioni mediche. Si sono, inoltre, ampliati gli studi sui problemi di compatibilità elettromagnetica, cui si accompagnano le applicazioni industriali per il trattamento dei materiali e la realizzazione di sensori.

Obiettivi formativi:

Il percorso formativo è orientato a trasmettere le capacità e gli strumenti metodologici ed operativi necessari ad applicare concretamente, nell'ambito delle tecnologie quantistiche, i principi di funzionamento dei componenti e dei circuiti alle Microonde e a Radio Frequenza, e le tecniche di analisi teorico-numeriche e le tecniche di sintesi e progettazione. Al fine di completare la formazione le lezioni teorico-numeriche saranno affiancate da esperienze laboratoriali e sessioni progettuali in cui si chiederà allo studente di utilizzare, anche mediante l'ausilio dei più recenti software di calcolo, le competenze acquisite durante il corso per progettare e caratterizzare specifici componenti e circuiti utilizzati nei sistemi quantistici.

Propedeuticità in ingresso:

Propedeuticità in uscita:

Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Orale

Insegnamento: Nanoscale Processing and Characterization for Advanced Devices		**Lingua di erogazione dell'Insegnamento: I**nglese
SSD: FIS/03 – Fisica della Materia		**CFU:** 6
Anno di corso: II	**Tipologia di Attività Formativa:** Discipline matematiche, fisiche e informatiche C	
Modalità di svolgimento: in presenza: lezioni di teoria frontali per il 70% e laboratorio per il 30%		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze e metodi necessari alla fabbricazione e misura a basso rumore alle temperature criogeniche di dispositivi alla nanoscala. Competenze necessarie alla trattazione delle tecniche sperimentali usate in ambiente di clean room nonché alla teoria del trasporto elettronico nel limite classico e quantistico di giunzioni e dispositivi alla nanoscala. Le tecniche criogeniche e schemi di misura DC e RF per caratterizzazione a basso rumore di dispositivi superconduttivi. Protocolli di nanofabbricazione per la realizzazione di nanofili superconduttivi e applicazioni nel campo della comunicazione quantistica.		
Obiettivi formativi: Competenze di progettazione e applicazione delle tecniche fondamentali per la realizzazione e misura di dispositivi DC e RF alla nanoscala. Sviluppo di protocolli di misura fondamentali per il driving delle proprietà quantistiche dei dispositivi e cenni sull'utilizzo di tali sistemi nel campo della computazione quantistica.		
Propedeuticità in ingresso: Nessuno **Propedeuticità in uscita:**		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Orale con discussione di elaborato progettuale		

Insegnamento: Sistemi non lineari	**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** inglese	
SSD: ING/INF-04		**CFU:** 6
Anno di corso: secondo	**Tipologia di Attività Formativa:** Discipline ingegneristiche, C	
Modalità di svolgimento: In presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore studia i metodi e le tecnologie per il trattamento dell'informazione finalizzato all'automazione degli impianti, dei processi e dei sistemi dinamici in genere. Nonostante le differenze di carattere fisico-strutturale esistenti fra tali tipologie di sistemi, essi si prestano ad essere rappresentate, modellate e simulate, ed infine gestite e controllate, utilizzando strumenti metodologici largamente invarianti rispetto al particolare dominio applicativo considerato.		
Obiettivi formativi: Obiettivo dell'insegnamento è quello di fornire agli studenti le nozioni di base per lo studio matematico dei sistemi dinamici non lineari descritti da equazioni differenziali ordinarie e di illustrare la teoria mediante alcuni esempi rappresentativi dalle applicazioni ingegneristiche.		
Propedeuticità in ingresso: Nessuna **Propedeuticità in uscita:** Nessuna		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale e discussione di elaborato progettuale		

Insegnamento: Ottica quantistica	**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese
SSD: FIS/03	**CFU**: 6
Anno di corso: primo o secondo	**Tipologia di Attività Formativa**: **affini e integrativi** (C)
Modalità di svolgimento: in presenza	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Trattazione teorica e sperimentale della fisica atomica e molecolare, nonché della fotonica, dell'ottica, dell'optoelettronica, dell'elettronica quantistica e dell'informazione quantistica (utilizzata anche la declaratoria settore concorsuale, che è più aggiornata).	
Obiettivi formativi: Apprendimento dei concetti fondamentali della teoria quantistica della radiazione elettromagnetica, con approfondimenti su: stati di Fock, stati coerenti, stati "squeezed"; interferenza campo-campo e fotone-fotone; elementi di informazione quantistica mediante fotoni; metodi sperimentali dell'ottica quantistica.	
Propedeuticità in ingresso: Fondamenti di meccanica quantistica **Propedeuticità in uscita:** nessuna	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: scritto e orale	

Insegnamento: Principi fisici dell'informazione quantistica	**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese
SSD: FIS/03	**CFU**: 6
Anno di corso: primo o secondo	**Tipologia di Attività Formativa**: Discipline matematiche, fisiche e informatiche , C
Modalità di svolgimento: in presenza	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Trattazione teorica e sperimentale della fisica atomica e molecolare, della scienza dei materiali e relativa tecnologia dal livello nanoscopico a quello macroscopico, nonché della fotonica, dell'ottica, dell'optoelettronica, dell'elettronica quantistica e dell'informazione quantistica (utilizzata anche la declaratoria settore concorsuale, che è più aggiornata).	
Obiettivi formativi: Apprendimento dei principi della fisica dell'informazione quantistica. Qubit, entanglement, diseguaglianze di Bell, teorema di no-cloning, teoria della misura, coerenza e decoerenza; i concetti di fedeltà e ricostruzione dello stato quantistico (con aspetti sperimentali); quantum information a variabili discrete e continue, con esempi di implementazioni fisiche mediante diverse piattaforme (atomi, ioni, circuiti a superconduttore, fotonica); semplici protocolli quantistici (crittografia quantistica e teletrasporto); limiti intrinseci e tecnologici della quantum information. Compressione dell'informazione quantistica, algoritmi quantistici efficienti e complessità quantistica.	
Propedeuticità in ingresso: Fondamenti di meccanica quantistica **Propedeuticità in uscita:** nessuna	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: esame scritto e orale	

Insegnamento: Principi di Comunicazione Quantistica	**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese
SSD: ING-INF/03	**CFU:** 6
Anno di corso: primo	**Tipologia di Attività Formativa:** Attività affini e integrative, C

Modalità di svolgimento:

In presenza. In particolare Il corso è organizzato integrando lezioni frontali tradizionali con sessioni di laboratorio interattive, utilizzando ad esempio la piattaforma IBM Q-Experience. Durante il corso saranno inoltre eventualmente organizzati seminari invitando esperti negli ambiti di interesse e saranno adottati metodi di insegnamento innovativi, come flipped classroom e feedback teaching strategies.

Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso:

Il settore studia la pianificazione, la progettazione, la realizzazione (hardware e software) e l'esercizio di apparati, sistemi e infrastrutture per applicazioni finalizzate: al trasferimento di segnali via cavo (rame o fibra), via radio (terrestre o satellitare) o altri mezzi di propagazione, con l'impiego di tecnologie specifiche quali quelle ottiche e per comunicazioni mobili; (omissis) all'interconnessione in rete per il trasporto dell'informazione (omissis). Sono inclusi aspetti di base (teoria dei fenomeni aleatori, dell'informazione, dei codici, dei segnali, del traffico, dei protocolli, etc.) (omissis).

Obiettivi formativi:

Obiettivo del corso è fornire agli studenti i principi della teoria dell'informazione quantistica e la loro applicazione alle comunicazioni quantistiche. In primo luogo, verranno introdotti i fondamenti della comunicazione classica. Verrà quindi presentata la nozione di bit quantistico (qubit), insieme ai principi e alle peculiarità non convenzionali dell'elaborazione dell'informazione quantistica. Partendo da queste premesse, il corso fornirà agli studenti le nozioni avanzate relative alle comunicazioni quantistiche, in particolare ai problemi della trasmissione di informazioni classico/quantistica attraverso i canali quantistici. A tale scopo verrà opportunamente introdotto il rumore quantistico e le sue peculiarità rispetto al rumore classico. Successivamente, le comunicazioni sicure verranno discusse analizzando le tecniche di distribuzione di chiavi quantistiche (QKD) (tra cui BB84 ed Ekert-91) e la loro realizzazione pratica. Inoltre, verranno adeguatamente introdotte e analizzate tecniche di comunicazione quantistica basate sull'entanglement (tra cui la codifica superdensa e il teletrasporto quantistico), discutendo anche le strategie (ad esempio, la correzione dell'errore quantistico) per contrastare gli effetti del rumore. Infine, le sfide che sorgono con la progettazione delle comunicazioni quantistiche saranno discusse alla luce di un'integrazione all'interno degli strati più bassi dello stack protocollare della Quantum Internet, introducendo anche brevemente i suoi requisiti e differenze non convenzionali rispetto allo standard de-facto TCP/IP. Gli studenti avranno l'opportunità di eseguire semplici esperimenti su un vero computer quantistico tramite ad esempio la piattaforma IBM Q-Experience

Propedeuticità in ingresso:

Nessuno

Propedeuticità in uscita:

Advanced Quantum Communication Networks

Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto:

Prova orale e discussione di un elaborato progettuale

Insegnamento: Algoritmi quantistici	**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese
SSD: Fisica Teorica, Modelli e Metodi Matematici (FIS02)	**CFU:** 6
Anno di corso: primo	**Tipologia di Attività Formativa:** Discipline matematiche, fisiche e informatiche, C
Modalità di svolgimento: In presenza	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Comprende le competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici quantistici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici e computazionali, nonché le competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici quantistici.	
Obiettivi formativi: Il corso coprirà i concetti fondamentali di Computazione quantistica e algoritmi quantistici. Il corso conterrà una introduzione generale ai concetti e metodi in computazione quantistica e si concentrerà sugli elementi fondamentali necessari per la computazione quantistica, mostrando una panoramica degli algoritmi quantistici noti, le loro caratteristiche, e i loro problemi. Il corso coprirà anche argomenti di comunicazione quantistica, criptografia quantistica, e teoria quantistica della correzione degli errori.	
Propedeuticità in ingresso: Foundations of Quantum Mechanics **Propedeuticità in uscita:**	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: scritto e orale	

Insegnamento: Chimica quantistica	**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese
SSD: CHIM/02	**CFU: 6**
Anno di corso: secondo	**Tipologia di Attività Formativa:** Attività affini e integrative, C
Modalità di svolgimento: In presenza Lezioni frontali di teoria per l'80% del tempo frontale, esercitazioni per il 20% del tempo	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Introduzione alla meccanica quantistica e presentazione dei postulati che costituiscono la base della teoria quantistica. L'equazione di Schrödinger indipendente dal tempo in una, due e tre dimensioni. L'atomo di idrogeno. Metodi di approssimazione e approcci computazionali per la chimica quantistica: teoria delle perturbazioni, metodo variazionale non lineare e lineare. Atomi a molti elettroni: principio di antisimmetria e determinanti di Slater; classificazione degli stati atomici; interazione spin-orbita. Molecole e legame chimico: l'approssimazione di Born-Oppenheimer, la molecola di idrogeno; Molecole biatomiche omonucleari ed eteronucleari. Molecole poliatomiche e teoria degli orbitali molecolari. Utilizzo della teoria dei gruppi per la classificazione della simmetria degli orbitali molecolari. Movimento nucleare. Spettroscopia molecolare: rotazionale, vibrazionale ed elettronica. Reazioni chimiche. L'interazione di atomi e molecole con la luce..	
Obiettivi formativi: Apprendimento dei concetti di base delle teorie fisiche, delle approssimazioni e di alcune strategie computazionali coinvolte nella descrizione quantomeccanica dei sistemi atomici e molecolari. Capacità di giudicare l'idoneità di un modello quanto-chimico per la descrizione di sistemi molecolari/chimici	
Propedeuticità in ingresso: Fondamenti di meccanica quantistica **Propedeuticità in uscita:**	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Scritto ed orale	

Insegnamento: Quantum circuit electrodynamics and Quantum devices	**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese
SSD: IND-IND/31	**CFU:** 9
Anno di corso: secondo	**Tipologia di Attività Formativa:** Discipline ingegneristiche, B
Modalità di svolgimento: In presenza	

Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso:
Il settore studia gli aspetti teorici e sperimentali dei due filoni complementari dei campi elettromagnetici e dei circuiti e lo sviluppo delle relative applicazioni nei vari settori della ingegneria. Nel primo filone si studiano problemi di campo elettromagnetico, … . Nel secondo filone si studiano i circuiti elettrici ed elettronici, …, ed i relativi modelli: lineari, non lineari e tempo-varianti, a parametri concentrati e distribuiti, … . I due approcci complementari sono applicati all'analisi, alla sintesi, alla modellistica fisica e numerica ed alla progettazione automatica delle apparecchiature, dei dispositivi, …, alla superconduttività, alla compatibilità elettromagnetica, … .

Obiettivi formativi:
In questo corso, gli studenti costruiranno prima una solida base teorica, basata sulle formulazioni classica e quantistica di Lagrangiana e Hamiltoniana, essenziale per comprendere il comportamento quantistico dei circuiti elettrici. Questo background servirà poi come base per esplorare i qubit superconduttori, dove gli studenti esamineranno i meccanismi operativi di questi qubit, compreso il ruolo delle giunzioni Josephson, e impareranno a differenziare tra vari tipi di qubit come carica, flusso, fase e Transmon. Man mano che il corso avanza, l'attenzione si sposterà sulla dinamica dei circuiti quantistici dissipativi. Gli studenti indagheranno come le fluttuazioni quantistiche e le interazioni ambientali contribuiscano ai processi di decoerenza e studieranno i meccanismi di decadimento e sfasamento che influenzano la stabilità e le prestazioni dei qubit. Una parte significativa del corso sarà dedicata alle competenze pratiche nell'accoppiamento qubit-cavità e nel controllo quantistico. Gli studenti diverranno esperti nelle tecniche di accoppiamento sia risonante che dispersivo, che sono fondamentali per controllare i qubit all'interno delle cavità e cruciali per una lettura accurata dei qubit. Infine, il corso esplorerà l'ingegneria dello stato quantistico e l'implementazione pratica di gate e algoritmi quantistici. Verrà data attenzione alle sfide di scalabilità, con l'obiettivo di dotare gli studenti della comprensione necessaria per contribuire al progresso delle tecnologie di calcolo quantistico scalabili e dei metodi di correzione degli errori che sottendono un solido processo di elaborazione delle informazioni quantistiche.

Propedeuticità in ingresso:
Foundations of Quantum Mechanics, Microwave Circuits and Technologies

Propedeuticità in uscita:

Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto:
prova orale

Insegnamento: Computazione Quantistica - Mod I: Teoria	**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese
SSD: INF/01	**CFU:** 6
Anno di corso: I	**Tipologia di Attività Formativa:** Discipline matematiche, fisiche e informatiche, B
Modalità di svolgimento: In presenza	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore si interessa all'attività scientifica e didattico - formativa nei campi della ricerca informatica e della teoria dell'informazione, posti alla base dell'approccio informatico allo studio dei problemi e, congiuntamente, della progettazione, produzione e utilizzazione di sistemi informatici per l'innovazione nella società. Particolare attenzione è rivolta al metodo, basato su modellizzazione, formalizzazione e verifica sperimentale. Pertanto il settore comprende, accanto a tutti gli aspetti di base e generali, i fondamenti algoritmici (progettazione e analisi degli algoritmi, computabilità e complessità, teoria dell'informazione, dei codici e crittografia), logici, semantici e metodologici dell'informatica, ivi inclusi i modelli computazionali classici e quantistici.	
Obiettivi formativi: Alla fine del corso, gli studenti svilupperanno: • Una solida comprensione dei concetti fondamentali dell'informatica quantistica, con particolare attenzione alle architetture di calcolo, agli algoritmi e agli strumenti di sviluppo. • Capacità di progettazione di algoritmi basati sul paradigma di computazione quantistica. • Capacità di problem solving per interpretare un problema, sviluppare una strategia per risolverlo e modellare questa strategia attraverso un algoritmo quantistico appropriato. • Una elevata compresione delle relazione sussistenti tra due aree significative dell'informatica, il calcolo quantistico e l'intelligenza artificiale.	
Propedeuticità in ingresso: Foundations of Quantum Mechanics **Propedeuticità in uscita:** Nessuna	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale con discussione di elaborato progettuale.	

Insegnamento: Computazione Quantistica: Mod II: Architetture ed alte prestazioni	**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese
SSD: ING-INF/05	**CFU:** 6
Anno di corso: primo	**Tipologia di Attività Formativa:** Discipline Ingegneristiche**,** B
Modalità di svolgimento: in presenza	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore è caratterizzato dall'insieme di ambiti scientifici e di competenze scientifico-disciplinari relativi al progetto ed alla realizzazione dei sistemi di elaborazione dell'informazione, nonché alla loro gestione ed utilizzazione nei vari contesti applicativi con metodologie e tecniche proprie dell'ingegneria. Rientrano in questo ambito i fondamenti teorici, i metodi e le tecnologie atti a produrre progetti tecnicamente validi, dal punto di vista sia dell'adeguatezza delle soluzioni proposte sia della possibilità di realizzazione tecnica sia della convenienza economica sia dell'efficacia organizzativa. Tali fondamenti, metodi e tecnologie spaziano su tutti gli aspetti relativi ad un sistema di elaborazione, da quelli hardware a quelli software.	
Obiettivi formativi: Il corso fornisce la definizione dei meccanismi interni dei sistemi di elaborazione delle informazioni. Il corso comprende tematiche teoriche e pratiche riguardo la definizione di un sistema informatico, la sua architettura, le sue modalità operative e le tecniche di base per la progettazione di un circuito digitale, l'architettura dei sistemi operativi e la programmazione concorrente e di sistema. Il corso tratta inoltre fondamenti di architetture parallele per applicazione ad elevate prestazioni.	
Propedeuticità in ingresso: nessuna **Propedeuticità in uscita:** nessuna	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: prova orale con discussione di elaborato progettuale	

Insegnamento: Quantum metrology and sensors	**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** inglese	
SSD: ING-INF/07 – Misure elettriche ed elettroniche		**CFU:** 6
Anno di corso: II	**Tipologia di Attività Formativa:** Attività affini e integrative, C	
Modalità di svolgimento: in presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Le metodologie proprie del settore riguardano la modellazione e la caratterizzazione metrologica di metodi, componenti e sistemi per la misurazione, l'estrazione, l'interpretazione e la rappresentazione dell'informazione di misura. Le tematiche di ricerca includono la progettazione, la realizzazione e la caratterizzazione di metodi, componenti e sistemi per la misurazione, con particolare attenzione al miglioramento delle prestazioni metrologiche ottenute.		
Obiettivi formativi: Fornire agli allievi conoscenze specialistiche finalizzate ad attività di progettazione, implementazione e caratterizzazione di metodi, procedure e dispositivi tipici dell'ingegneria delle misure elettriche ed elettroniche quando applicati a soluzioni e sistemi basati su tecnologie quantistiche o quando potenziati attraverso l'uso delle tecnologie quantistiche.		
Propedeuticità in ingresso: Foundations of Quantum Mechanics **Propedeuticità in uscita:**		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale con discussione elaborato		

Insegnamento: Quantum Software		**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese
SSD: INF/01		**CFU:** 6
Anno di corso: secondo	**Tipologia di Attività Formativa:** Discipline matematiche, fisiche e informatiche, C	
Modalità di svolgimento: In presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore si interessa all'attività scientifica e didattico - formativa nei campi della ricerca informatica e della teoria dell'informazione, posti alla base dell'approccio informatico allo studio dei problemi e, congiuntamente, della progettazione, produzione e utilizzazione di sistemi informatici per l'innovazione nella società. Particolare attenzione è rivolta al metodo, basato su modellizzazione, formalizzazione e verifica sperimentale. Pertanto il settore comprende, accanto a tutti gli aspetti di base e generali, i fondamenti algoritmici (progettazione e analisi degli algoritmi, computabilità e complessità, teoria dell'informazione, dei codici e crittografia), logici, semantici e metodologici dell'informatica, ivi inclusi i modelli computazionali classici e quantistici; le competenze sistemistiche necessarie a modellare e progettare linguaggi (ambienti e metodologie di programmazione, ingegneria del software).		
Obiettivi formativi: Alla fine del corso, gli studenti svilupperanno: • Una solida comprensione dei principali framework e linguaggi di programmazione quantistica (Qiskit, PennyLane, Cirq...) • Capacità di implementare ed ingegnerizzare applicazioni basate su calcolo quantistico e approcci ibridi classico/quantistico. • Capacità di integrare software basati su calcolo quantistico in framework per l'ottimizzazione e l'intelligenza artificiale.		
Propedeuticità in ingresso: Quantum Computation **Propedeuticità in uscita:** Nessuna		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale con discussione di elaborato progettuale.		

Insegnamento: Rivelatori quantistici per le scienze di base	**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese
SSD: FIS03 – Fisica della Materia	**CFU:** 6
Anno di corso: II	**Tipologia di Attività Formativa:** Discipline matematiche, fisiche e informatiche, C
Modalità di svolgimento: In presenza	
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Gli obiettivi formativi del corso mirano a sviluppare aspetti sia teorici che sperimentali riguardanti l'interazione dei fotoni con la materia, la loro rivelazione con schemi di misura per elevate sensibilità, e più in generale aspetti di elettronica integrata, optoelettronica ed elettronica quantistica utili alla comprensione del funzionamento di rivelatori quantistici all'interno di esperimenti scientifici di fisica fondamentale. In particolare: Teoria del rumore quantistico. Fondamenti di rivelazione a fotone singolo (cioè AVP, SMP, SNSPD, PCC). Rivelatori basati su qubit superconduttivi. Sensori quantistici inclusi magnetometri e interferometri. Applicazioni di rilevatori quantistici in esperimenti scientifici di fisica fondamentale.	
Obiettivi formativi: Il corso ha lo scopo di fornire allo studente nozioni fondamentali sul funzionamento di rivelatori quantistici, inclusi rivelatori di singoli fotoni, sensori superconduttori basati su qubit. Verrà presentato e discusso l'uso di tali rivelatori all'interno di esperimenti scientifici di fisica fondamentale. Lo studente sarà in grado di eseguire misure di singoli fotoni mediante rilevatori superconduttivi, e di eseguire misure con qubit superconduttivi che ne evidenzino le proprietà di base nel contesto della rivelazione di particelle. I contenuti trattati svilupperanno la capacità di spiegare e utilizzare i principi della teoria quantistica all'interno dei principali metodi sperimentali presentati nel corso. Inoltre, essi contribuiranno a sviluppare la capacità di disegnare e spiegare configurazioni di esperimenti che impiegano i rilevatori quantistici studiati.	
Propedeuticità in ingresso: FONDAMENTI DI MECCANICA QUANTISTICA **Propedeuticità in uscita:** NESSUNA	
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Una combinazione tra un esame orale (80%) e la discussine di progetto assegnato (20%) ispirato dalla letteratura corrente sull'argomento.	

Insegnamento: Quantum detectors for applied science		**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese
SSD: FIS/07		**CFU:** 6
Anno di corso: secondo	**Tipologia di Attività Formativa:** Discipline matematiche, fisiche e informatiche, C	
Modalità di svolgimento: In presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: I contenuti del Corso sono coerenti con la declaratoria del SSD FIS/07, in particolare con riferimento allo studio e allo sviluppo di metodologie fisiche sperimentali nel contesto ambientale, biologico e medico, sia allo sviluppo e all'utilizzo della strumentazione necessaria al controllo e alla rivelazione di fenomeni fisici nell'ambito della prevenzione, diagnosi e cura, e delle tecniche fisiche della diagnostica biomedica.		
Obiettivi formativi: Il Corso si propone di fornire agli studenti informazioni scientifiche avanzate e conoscenze tecniche sui rivelatori quantici di radiazione, in particolare sui moderni rivelatori di fotoni, in varie applicazioni fisiche, in particolare le applicazioni mediche e la biosensoristica. Il Corso fornirà anche capacità ed abilità tecniche nella comprensione del funzionamento e nell'uso di sensori a rivelazione quantica, attraverso una attività di laboratorio in un settore applicativo, in particolare nel settore biomedico. Le conoscenze, capacità ed abilità acquisite potranno essere impiegate anche nella ricerca nell'ambito di esperimenti di fisica e per applicazioni industriali fisiche ed ingegneristiche.		
Propedeuticità in ingresso: Nessuna **Propedeuticità in uscita:** Nessuna		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale con discussione di un elaborato scritto (relazione sulla esperienza di laboratorio).		

Insegnamento: Quantum materials and solid-state qubits		**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese
SSD: FIS/03		**CFU:** 6
Anno di corso: secondo	**Tipologia di Attività Formativa:** C	
Modalità di svolgimento: In presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Le competenze riguardano la ricerca teorica e computazionale nei campi della fisica dello stato solido e della scienza dei materiali e relativa tecnologia dal livello nanoscopico a quello macroscopico , dell'elettronica quantistica e dell'informazione quantistica, nonché delle proprietà statistiche della materia e dei sistemi complessi. Le competenze riguardano anche le problematiche connesse con i fondamenti della fisica quantistica.		
Obiettivi formativi: Lo scopo del corso è quello di introdurre gli studenti ai concetti moderni di fisica dello stato solido necessari per comprendere gli elementi di base relativi all'implementazione dell'hardware di un computer quantistico a stato solido. Il programma del corso si concentra sulle implementazioni di dispositivi superconduttivi e semiconduttivi. In entrambi i casi verrà discusso lo schema operativo ideale insieme alle sfide più importanti legate al controllo e alla riduzione del rumore e delle imperfezioni.		
Propedeuticità in ingresso: Nessuna **Propedeuticità in uscita:**		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale		

Insegnamento: Quantum Measurement Theory	**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese	
SSD: Fisica Teorica, Modelli e Metodi Matematici (FIS02)		**CFU:** 6
Anno Corso: primo	**Tipologia di Attività Formativa:** Discipline matematiche, fisiche e informatiche, C	
Modalità di svolgimento: In presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Comprende le competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici quantistici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici e computazionali, nonché le competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici quantistici.		
Obiettivi: Lo scopo principale del Corso è quello di fornire I concetti e metodi della teoria quantistica della misura che sono fondamentali per una comprensione approfondita della meccanica quantistica e informazione quantistica e le differenze/analogie tra teoria classica e quantistica. Il Corso è altresì mirato a introdurre la teoria dei sistemi quantistici aperti e decoerenza.		
Propedeuticità in ingresso: **Propedeuticità in uscita:**		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: prova orale		

Insegnamento: Simulatori quantistici		**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese
SSD: FIS/03		**CFU**: 6
Anno di corso: primo o secondo	**Tipologia di Attività Formativa**: Discipline matematiche, fisiche e informatiche, C	
Modalità di svolgimento: in presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Trattazione teorica e sperimentale della fisica atomica e molecolare, della scienza dei materiali e relativa tecnologia dal livello nanoscopico a quello macroscopico, nonché della fotonica, dell'ottica, dell'optoelettronica, dell'elettronica quantistica e dell'informazione quantistica (utilizzata anche la declaratoria del settore concorsuale, che è più aggiornata).		
Obiettivi formativi: Apprendimento dei concetti chiave e delle principali metodologie sperimentali della simulazione quantistica di sistemi a molti corpi fortemente correlati e sulla loro implementazione con atomi freddi, sistemi di punti quantici, ioni, circuiti superconduttori e fotoni.		
Propedeuticità in ingresso: Fondamenti di meccanica quantistica **Propedeuticità in uscita:** nessuna		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: esame scritto e orale		

Insegnamento: Tecnologie quantistiche superconduttive	**Lingua di erogazione dell'Insegnamento:** Inglese	
SSD: FIS/03		**CFU:** 6
Anno di corso: Secondo	**Tipologia di Attività Formativa:** Discipline matematiche, fisiche e informatiche, C	
Modalità di svolgimento: In presenza, lezioni frontali ed esperienze di laboratorio		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il corso è incentrato sull'attività scientifica e didattico - formativa nel campo dello studio sperimentale della fisica della materia condensata, dei dispositivi superconduttivi, degli effetti quantistici macroscopici e dell'elettronica quantistica. Competenze e metodi necessari alla misura a basso rumore alle temperature criogeniche di dispositivi alla nanoscala e di circuiti quantistici.		
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato ad approfondire aspetti sulla computazione quantistica superconduttiva. Si intende proporre un percorso sperimentale con il quale lo studente comprende ed applica concetti di scienza dell'informazione quantistica a dispositivi reali basati su tecnologia superconduttiva. Lo studente sarà in grado di realizzare misure spettroscopiche e nel dominio del tempo su quantum bits superconduttivi. A tale scopo saranno utilizzati programmi con software Python per la programmazione della sequenza di controllo di un quantum bit e lo studio di risonatori superconduttivi.		
Propedeuticità in ingresso: Applied Quantum Systems **Propedeuticità in uscita:** Nessuna		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale con discussione di prove pratiche effettuate in laboratorio		

ALLEGATO 2.2

REGOLAMENTO DIDATTICO DEL CORSO DI STUDIO

QUANTUM SCIENCE AND ENGINEERING

CLASSE LM-44/LM-120 (c.u.)

Scuola: Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento: Fisica "Ettore Pancini"

Regolamento in vigore a partire dall'a.a. 2024-2025

Attività formativa: ex art. 10, comma 5, lettera d	**Lingua di erogazione dell'Attività:** Inglese
Attività: Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro, abilità informatiche e telematiche	**CFU:** 3
Anno di corso: II	**Tipologia di Attività Formativa:** F
Modalità di svolgimento: Le attività potranno svolgersi in presenza, a distanza o partecipando a scuole, stage ed eventi di promozione e divulgazione della fisica.	
Obiettivi formativi: Lo scopo principale di queste attività formative è quello di far acquisire allo studente ulteriori conoscenze e/o abilità che siano utili al completamento della sua formazione, mediante l'acquisizione di ulteriori conoscenze utili al suo percorso di studi, allo sviluppo di capacità relazionali e organizzative o all'inserimento nel mondo del lavoro.	
Propedeuticità in ingresso: nessuna **Propedeuticità in uscita:** nessuna	
Tipologia delle prove di verifica del profitto: I crediti relativi a queste attività sono attribuiti dal coordinatore della CCD previo presentazione di idonea documentazione.	

Attività formativa: ex art. 10, comma 5, lettera d	**Lingua di erogazione dell'Attività:** Inglese
Attività: Tirocini formativi e di orientamento	**CFU:** 6
Anno di corso: II	**Tipologia di Attività Formativa:** F
Modalità di svolgimento: Attività in presenza o a distanza, in dipendenza della tipologia di tirocinio formativo o di orientamento	
Obiettivi formativi: Lo scopo dell'attività è quella di far svolgere allo studente un tirocinio formativo e/o di orientamento utile allo sviluppo di competenze coerenti con le attività professionali previste dal suo percorso di studio e all'inserimento nel mondo del lavoro.	
Propedeuticità in ingresso: nessuna **Propedeuticità in uscita:** nessuna	
Tipologia delle prove di verifica del profitto: I crediti per queste attività saranno riconosciuti dal Coordinatore della CCD sulla base di un'idonea documentazione attestante lo svolgimento del tirocinio e a seguito di positiva valutazione da parte di una commissione della CCD.	