

Attività didattica programmata prevista
XL ciclo

N.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Note
1.	Fisica Teorica e Computazionale dello stato liquido della materia	12	primo anno	<p>La prima parte del corso è dedicata ad un'introduzione alla fisica dei liquidi, ovvero dei sistemi densi e disordinati, con un'enfasi sulle proprietà termodinamiche (fasi e transizioni di fase) e strutturali all'equilibrio. Verranno presentati alcuni metodi teorici e computazionali utili per lo studio dei liquidi, che saranno quindi illustrati mediante una serie di applicazioni. Gli argomenti sviluppati saranno: Richiami di termodinamica e meccanica statistica dei fluidi semplici - Modello di Van der Waals esteso (Baus) - Disuguaglianza variazionale - Gas reticolare di Ising - Teoria di Landau per le transizioni discontinue - Nucleazione (teoria classica e teoria di campo medio alla Landau) - Calcolo numerico della barriera di nucleazione - Fluidi in condizioni estreme di temperatura e pressione - Fusione bidimensionale - Fluidi quantistici di bosoni identici a bassa temperatura: superfluidi e supersolidi.</p> <p>Sistemi colloidali e polimerici: dispersioni colloidali, legge di Stokes, moto Browniano, forze di van der Waals, interazioni di deplezione, comportamento di fase dei colloidi; struttura dei polimeri e dei copolimeri, random walk, freely jointed chains, transizione coilglobule, proprietà dei polimeri alle interfacce. Self-assembly e separazione di fase: interazioni efficaci, sistemi anfifilici, formazione di micelle, vescicole e membrane, microfasi, competizione tra aggregazione e separazione di fase; applicazioni a sistemi modello che interagiscono tramite interazioni antagoniste (attrattive a corto raggio e repulsive a lungo raggio) e alle particelle Janus, caratterizzate dall'aver la superficie costituita da zone di diversa composizione chimica.</p>	Saranno previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate
2.	Caratterizzazione strutturale e dinamica di sistemi complessi	12	primo anno	Il Corso "Caratterizzazione strutturale e dinamica di sistemi complessi mediante tecniche spettroscopiche" intende fornire un approfondimento di	Saranno previsti seminari specialistici

N.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Note
	mediante tecniche spettroscopiche			<p>competenze sperimentali nello studio della fisica dei sistemi complessi, fornendo ai dottorandi la capacità di eseguire in autonomia esperimenti spettroscopici avanzati allo scopo di analizzare e interpretare criticamente i risultati ottenuti. L'attenzione sarà focalizzata sull'utilizzo di diverse tecniche ottiche e vibrazionali, in dispersione ed in trasformata di Fourier, per lo studio delle proprietà strutturali e dinamiche di diversi tipi di campioni, operando su diverse scale spazio-temporali. In particolare saranno oggetto di investigazione sperimentale: i) Fenomeni cooperativi di sistemi in grado di sviluppare network a legame idrogeno; ii) Proprietà dinamiche e strutturali di sistemi confinati (host/guest).</p> <p>La seconda parte del corso sarà dedicata all'introduzione della spettroscopia NMR, sia da un punto di vista teorico che sperimentale-applicativo. Verranno poi trattate le sequenze di impulsi per la determinazione di parametri dinamici come i tempi di rilassamento (trasversale e longitudinale) della magnetizzazione e il coefficiente di self-diffusion. Sarà introdotto lo studio delle interazioni idrofiliche/idrofobiche tramite analisi dati di esperimenti su soluzioni di acqua-metanolo a diversa concentrazione e temperatura.</p>	sulle tematiche trattate
3.	Sistemi quantistici complessi e nano-ottica	12	primo anno	<p>Le ricerche nel campo della cavity-QED hanno giocato un ruolo fondamentale per comprendere come controllare e ingegnerizzare gli stati quantistici, sono quindi un motore importante per lo sviluppo delle tecnologie quantistiche di seconda generazione. Verranno introdotti alcuni concetti fondamentali: Accoppiamento debole: emissione spontanea ed effetto Purcell; Accoppiamento forte: Modello di Jaynes-Cummings, modello quantistico di Rabi, modello di Dicke, modello di Hopfield. Analisi di diversi sistemi (con "flying atoms" , a stato solido); Realizzazioni di cavity QED in sistemi costituiti da circuiti superconduttori. (Circuit QED). Processi di fisica atomica utilizzando circuiti superconduttori. Risonatori elettromagnetici (circuit LC e risonatori a guida d'onda coplanari) e</p>	Saranno previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate

N.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Note
				<p>atomi artificiali (Cooper pair box, transmon, flux qubit); Accoppiamento ultra-forte. Verranno esaminati sistemi fisici in cui questo limite è stato raggiunto. Verranno presentati risultati sperimentali e applicazioni tecnologiche. Come è noto la diffusione delle onde e.m. è uno dei temi centrali sia nella ricerca fondamentale che applicata riguardante molti campi delle scienze fisiche come l'astrofisica, la fisica atmosferica, la nano-ottica, la medicina. In particolare, la nano-ottica mira alla comprensione dei fenomeni ottici su scala nanometrica, cioè vicino o oltre il limite di diffrazione della luce. È un campo di studio emergente e, a causa del rapido progresso della nanoscienza e della nanotecnologia, richiede conoscenze adeguate non solo sulle strategie di fabbricazione, manipolazione e caratterizzazione su scala nanometrica, ma anche sulle basi teoriche. In questa parte di corso, saranno quindi introdotti i seguenti argomenti: elettrodinamica macroscopica, rappresentazione spettrale dei campi dipendenti dal tempo, propagazione e focalizzazione dei campi ottici, diffusione della luce e interazioni ottiche in ambienti nanoscala, forze in campi confinati, metodi teorici in nano-ottica.</p>	
4.	Fisica sperimentale applicata ai beni ambientali, culturali, alla biologia e alla medicina	12	primo anno	<p>Il corso di "Fisica sperimentale applicata ai beni ambientali, culturali, alla biologia e alla medicina" si propone di fornire agli studenti conoscenze riguardanti le principali metodologie sperimentali di indagine fisica applicate ai beni ambientali, culturali, alla biologia e alla medicina. L'obiettivo è quello di dare agli studenti gli strumenti per inquadrare i fenomeni fisici alla base delle più importanti tecniche di indagine nel campo della fisica applicata in contesti interdisciplinari.</p> <p>Alla fine del corso lo studente saprà scegliere autonomamente la strumentazione adeguata in relazione alla scala spazio-temporale delle proprietà chimico-fisiche che si intendono studiare e saprà estrarre dai dati sperimentali le informazioni necessarie alla conoscenza del sistema</p>	Saranno previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate

N.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Note
				<p>investigato.</p> <p>In particolare, nel corso sono trattati i seguenti argomenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tecniche diagnostiche per l'analisi del contenuto di radioattività in matrici ambientali (spettrometria gamma al germanio iperpuro (HPGe), spettrometria alfa, scintillazione liquida, conteggio alfa/beta totale, emanometria); - Tecniche diagnostiche non distruttive applicate ai Beni Culturali (spettroscopia Raman, Raman in trasformata di Fourier (FT-Raman), spettroscopia di assorbimento infrarosso in trasformata di Fourier in Attenuated Total Reflectance geometry (FTIR-ATR), spettroscopia di fluorescenza a raggi X (XRF), microscopia ottica ed elettronica); - Tecniche diagnostico/terapeutiche in ambito medico (radiografia X, tomografia assiale computerizzata (TAC), tomografia ad emissione di positroni (PET), radioterapia, adroterapia); - Tecniche avanzate di indagine in ambito biofisico (spettroscopia μ-Raman, spettroscopia di neutroni a piccolo angolo (SANS)). 	
5.	Interazione di radiazioni con la materia, plasmi, analisi e trattamento di materiali	12	primo anno	<p>Il corso tratterà lo studio dell'interazione di fasci laser con la materia, la generazione di plasmi e loro caratterizzazione. In particolare, saranno trattati i seguenti argomenti: Plasmi e loro caratterizzazione, accelerazione di particelle, tecniche diagnostiche, trattamento di materiali, generazione di nanoparticelle, produzione di fotoni, ioni ed elettroni, rivelatori e dosimetri, applicazioni nel campo della Fisica Nucleare, della Fisica Sanitaria, dell'Ambiente e dei Beni culturali.</p> <p>Inoltre, verranno studiati i materiali a bassa dimensionalità e loro sintesi, quali i materiali lamellari, l'intercalazione e i nanocompositi ibridi organico-inorganici. Verranno trattati argomenti relativi a a esfoliazione e nanosheets, la spettroscopia ottica, la spettroscopia fotoelettronica, la spettroscopia dielettrica, il metodo in corrente continua per misure di conducibilità elettrica. L'ossido di grafene e il tiofosfato di manganese, due interessanti</p>	Saranno previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate

N.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Note
				<p>materiali a bassa dimensionalità, puri e opportunamente trattati.</p> <p>Infine, verrà studiata l'interazione di fasci ionici con la materia, analisi e trattamento di materiali. In particolare, verranno trattati lo scattering Rutherford, l'analisi composizionale RBS, l'analisi ERDA, l'analisi PIXE, le reazioni nucleari indotte da protoni, produzione di fasci ionici e loro rivelazione, misure di fluenza e dose assorbita, Ion sputtering, simulazioni SRIM, Protonterapia, Preparazione, trattamento e modifica di materiali.</p>	
6.	Meccanica statistica di nonequilibrio	6	primo anno	<p>La teoria dei processi stocastici ha applicazioni in sistemi fisici, chimici e biologici fluttuanti. Ad esempio, Onsager e Machlup hanno applicato processi di Markov fuori equilibrio per descrivere processi simili alla diffusione. L'obiettivo di questo corso è presentare i processi stocastici in termini di tecniche di integrale di percorso. Norbert Wiener, infatti, fu il primo a introdurre il concetto di integrale di cammino, ben vent'anni prima di Richard Feynman. Il corso si concentrerà in particolare sui processi di Markov di non equilibrio.</p>	Saranno previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate
7.	Micro- e nanomateriali	12	primo anno	<p>L'obiettivo del corso è l'acquisizione della conoscenza dei principi fisici e degli aspetti sperimentali alla base delle specifiche proprietà fisiche di materiali e di strutture aventi dimensioni nanometriche. Nel dettaglio saranno trattati i seguenti argomenti: caratteristiche di nanomateriali naturali ed artificiali; effetti della dimensionalità ridotta sulle proprietà elettroniche dei materiali; approcci e metodologie di sintesi dei materiali (top-down, bottom-up); caratterizzazione morfologica e strutturale; impatto delle tecnologie basate su nanomateriali attraverso alcuni esempi di applicazioni.</p>	Saranno previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate
8.	Nanomateriali e dispositivi	6	primo anno	<p>Il corso "Nanomateriali e dispositivi" ha come obiettivo principale quello di chiarire i molteplici aspetti fisici che derivano dalla ridotta dimensionalità dei materiali individuandone anche i campi di applicazione nel panorama delle moderne ed emergenti tecnologie. Il discente svilupperà competenze trasversali che gli consentono di individuare gli aspetti chiave necessari</p>	Saranno previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate

N.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Note
				ad integrare nuovi materiali in dispositivi e sistemi adatti ad essere utilizzati nel panorama di una tecnologia sostenibile ed innovativa. In particolare verranno descritte le potenzialità dei materiali nanostrutturati, anche con alcuni esempi di materiali già noti come i nanotubi di carbonio, il grafene e i nanocristalli di silicio. Verranno descritte anche alcune tecniche di indagine e caratterizzazione capaci di studiare le proprietà dei materiali su scala nanometrica (AFM, STM) e la loro interazione con il campo elettromagnetico con particolare riferimento alla spettroscopia Raman in campo prossimo ed il TERS. Si daranno infine alcuni cenni sulle possibilità di applicazione dei materiali nanostrutturati nei sistemi di conversione dell'energia come le celle solari fotovoltaiche.	
9.	Fisica dei sistemi disordinati, polimeri e biofisica	12	primo anno	<p>Il corso prevede lo studio delle proprietà strutturali e dinamiche dei seguenti sistemi: Sistemi colloidali: classificazione, proprietà principali. Fenomeni all'interfaccia: tensione superficiale, adsorbimento, doppio strato elettrico. Stabilità e forze intermolecolari. Comportamenti di fase: cristalli, vetri e gel.</p> <p>Colloidi polimerici. Definizione e caratteristiche. Classificazione basata su struttura, modalità di polimerizzazione e forze molecolari. Peso molecolare e viscosità. Modelli di dinamica del polimero. Modello Zimm, Rouse, Kirkwood e Riseman.</p> <p>Micelle polimeriche. Nozioni di base sulla micellizzazione. Concentrazione micellare critica. Meccanismo di formazione delle micelle. Struttura delle micelle. Parametro di packing. Applicazioni. Applicazione della diffusione dinamica della luce allo studio della dinamica dei polimeri e dei processi di autoassemblaggio.</p>	Saranno previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate
10.	Metodologie fisiche per lo studio della materia condensata e la modellazione di sistemi complessi	6	primo anno	Il corso di "Metodologie fisiche per lo studio della materia condensata e la modellazione di sistemi complessi" prevede in una prima fase una introduzione allo studio della materia	Saranno previsti seminari specialistici sulle

N.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Note
				condensata e dei sistemi complessi. Seguirà un approccio teorico, numerico e sperimentale. Verrà altresì introdotto l'impiego integrato di varie tecniche sperimentali complementari. In particolare si focalizzerà l'attenzione su tecniche spettroscopiche e tecniche termodinamiche. Il corso si concluderà con la presentazione di vari "casi studio" recenti.	tematiche trattate
11.	Dinamica delle reazioni nucleari	12	primo anno	<p>In una prima parte, l'insegnamento è rivolto all'analisi di problematiche teoriche e sperimentali che si incontrano nello studio della materia nucleare. Si introdurrà lo studio della materia nucleare in condizioni standard di densità e temperatura, nonché lo sviluppo di una Equazione di stato che permette di descrivere il comportamento della materia in condizioni che non si discostano troppo da quelle suddette. Successivamente l'attenzione sarà rivolta alle condizioni più estreme partendo dai sistemi esotici (nuclei ad alone, stati a cluster e molecolari) fino alla formazione del quark-gluon plasma e produzione di particelle elementari in collisioni fra ioni pesanti ad energie ultrarelativistiche.</p> <p>Nella seconda parte dell'insegnamento, la dinamica delle reazioni nucleari alle energie di Fermi verrà spiegata ai dottorandi attraverso la descrizione dei risultati sperimentali più recenti, dei moderni rivelatori utilizzati per raccogliervi e dei modelli più utilizzati in questo ambito.</p> <p>In particolare, verrà affrontato il tema della produzione di frammenti di massa intermedia in reazioni fra ioni pesanti ad energie di Fermi, e, attraverso alla discussione dei dati acquisiti negli anni con il multi-rivelatore CHIMERA dei Laboratori nazionali del Sud dell'INFN, verrà descritta la dipendenza della produzione di frammenti di massa intermedia dall'Isospin e dalla size dei sistemi creati durante le reazioni studiate. E ancora, verrà descritta la dipendenza della dinamica di reazione dall'Isospin alle basse energie, con particolare riguardo agli effetti di staggering ed al confronto dei dati sperimentali con differenti modelli. Infine, sarà introdotto il fenomeno del</p>	Saranno previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate

N.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Note
				breakup ternario e quaternario di sistemi pesanti formati in reazioni tra ioni pesanti e simmetrici, i quali, a causa della forte repulsione Coulombiana, in generale si separano evitando lo stadio intermedio di nucleo composto.	
12.	Risonanze barioniche e sezioni d'urto adroniche in Fisica delle Particelle	6	primo anno	<p>Il corso prevede una introduzione alle tecniche di misura delle sezioni d'urto adroniche e come queste informazioni consentano di studiare la struttura della materia adronica e le interazioni fondamentali tra le particelle. Saranno presentati esempi studio su dati di fotoproduzione di mesoni su nucleoni liberi e legati, di produzione di particelle in sistemi tipo collider, e verrà mostrato come servirsi dell'apparato sperimentale per estrarre l'osservabile fisico di interesse.</p> <p>Saranno inoltre presentate le tecniche di simulazione, fondamentali per la stima delle efficienze e dei fondi prodotti dai canali di reazione concorrenti.</p>	Saranno previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate
13.	Studi di geofisica e geodinamica mediante l'uso di metodologie fisiche	12	primo anno	<p>Il corso "Studi di geofisica e geodinamica mediante l'uso di metodologie fisiche" è finalizzato a fornire agli studenti conoscenze relative ad alcune tra le principali tematiche di studio e ricerca trattate presso il Dipartimento di Scienze Matematiche e Informatiche, Scienze Fisiche e Scienza della Terra nel campo della Geofisica. Il corso, articolato in 6 lezioni frontali da due ore ciascuna, fornirà allo studente conoscenze sulle metodologie fisiche applicabili a processi e fenomeni che coinvolgono il sistema Terra quali: la propagazione delle onde sismiche ed il loro utilizzo per la determinazione della struttura interna della Terra; lo studio della risposta sismica locale attraverso l'analisi del rumore sismico ambientale; la modellazione delle onde di maremoto e le strategie per la mitigazione del rischio da esse derivante; le applicazioni delle tecniche satellitari (remote sensing and GNSS) alla geofisica ed alla geodinamica. Particolare attenzione è dedicata alla descrizione delle metodologie sperimentali e delle tecnologie più recenti utilizzabili per la raccolta dei dati, lo studio ed il monitoraggio dei fenomeni geofisici</p>	Saranno previsti seminari specialistici sulle tematiche trattate

Altre attività didattiche (seminari, attività di laboratorio e di ricerca, formazione interdisciplinare, multidisciplinare e transdisciplinare)

n.	Tipo di attività	Descrizione dell'attività
1.	Seminari	L'offerta formativa del corso di Dottorato in Fisica prevede l'organizzazione di seminari di approfondimento su tematiche di ricerca all'avanguardia. Essi saranno tenuti da docenti/ricercatori anche di altre università ed enti di ricerca nazionali ed internazionali, al fine di consolidare le già esistenti collaborazioni scientifiche ed attivarne di nuove per lo sviluppo di progetti comuni, che vedranno in tal senso uno scambio di docenti/ricercatori e di dottorandi per periodi di stage. Si prevede altresì di organizzare seminari specialistici su tematiche di interesse comune tra il corso di dottorato e le imprese in convenzione tenuti da esperti di alta qualificazione professionale appartenenti alle aziende stesse.
2.	Attività di laboratorio	Durante il percorso dottorale sono previste attività di laboratorio e di ricerca presso le strutture presenti all'interno del Dipartimento MIFT di afferenza del Corso di Dottorato, che permetteranno ai discenti di realizzare una ricerca all'avanguardia sulle tematiche di maggiore interesse finalizzate alla stesura della tesi.
3.	Attività presso Infrastrutture di ricerca	Grazie alle sinergiche e consolidate collaborazioni scientifiche tra i docenti/ricercatori del Collegio e gli enti di ricerca e università internazionali, saranno attivati periodi di stage anche all'estero presso le infrastrutture di ricerca presenti sul territorio nazionale ed internazionale.
4.	Perfezionamento linguistico	Si prevedono attività formative di lingua Inglese finalizzate innanzitutto a facilitare la stesura della tesi finale in inglese e ad incentivare le molteplici collaborazioni scientifiche internazionali peculiari del percorso di dottorato. Tali abilità linguistiche inoltre favoriranno l'esposizione dei risultati della ricerca sia in forma orale (congressi/scuole internazionali) che scritta (stesura di eventuali progetti di ricerca internazionali e prodotti della ricerca). Vale la pena sottolineare che l'Università degli Studi di Messina ha messo a disposizione gratuitamente per tutti gli utenti UniME Rosetta Stone, un software di apprendimento linguistico in modalità e-learning.
5.	Perfezionamento informatico	Si prevedono attività formative di inizializzazione informatica presso il nostro Ateneo, finalizzate all'acquisizione di abilità nell'utilizzo di linguaggi di scrittura come il sistema LATEX per la preparazione di testi scientifici e, attività formative che consentano l'acquisizione di capacità di programmazione ed analisi dati. Il Corso di Dottorato predisporrà altresì seminari specifici in sinergia con aziende del territorio che operano nel settore informatico.
6.	Gestione della ricerca e della conoscenza dei sistemi di ricerca europei e internazionali	Le attività formative finalizzate alla conoscenza delle modalità di gestione della ricerca e della conoscenza dei sistemi di ricerca europei e internazionali darà al dottorando l'opportunità di svolgere soggiorni di formazione e di ricerca in Italia e all'estero presso altre istituzioni universitarie e di ricerca. Nei percorsi specifici di dottorato a caratterizzazione industriale, gli studenti di dottorato svilupperanno le proprie ricerche in parte presso le sedi delle imprese partner. Verranno altresì predisposti seminari di approfondimento concernenti la cooperazione europea e internazionale nelle attività di ricerca e nei sistemi di finanziamento. Verranno trattati temi di particolare interesse, quali l'etica della ricerca scientifica e il reperimento di fondi di ricerca.
7.	Valorizzazione e disseminazione dei risultati, della proprietà intellettuale e dell'accesso aperto ai dati e ai prodotti della ricerca	Il Corso di Dottorato predisporrà giornate di incontro tra dottorandi e figure professionali provenienti da centri di ricerca scientifica e/o parchi tecnologici che si occupano di ricerca e innovazione. Saranno inoltre organizzati seminari che avranno come argomento la proprietà intellettuale e i brevetti allo scopo di fornire una formazione di base sul diritto dei brevetti europei e internazionali.
8.	Principi fondamentali di etica, uguaglianza di genere e integrità	Il Corso di Dottorato di Ricerca in Fisica in tutte le sue attività s'impegna a valorizzare la diversità di genere e a garantire pari opportunità tra uomini e donne, adottando adeguate misure e interventi di prevenzione delle discriminazioni. Vengono individuati e promossi i valori e i principi ritenuti essenziali nel

n.	Tipo di attività	Descrizione dell'attività
		perseguimento delle attività formative del percorso dottorale al fine di realizzare un elevato livello di responsabilità da parte di tutti i discenti e i componenti il Collegio dei docenti, assumendo, in particolare, quale base portante del proprio agire i valori dell'assoluto rispetto della dignità della persona umana; del riconoscimento dei diritti inviolabili e dell'adempimento dei doveri inderogabili di solidarietà; dell'eguaglianza tra quanti operano in seno alla comunità universitaria, senza distinzione alcuna in base alla natura dell'attività svolta, al sesso o all'orientamento sessuale, alla razza, alla religione, alle condizioni personali e sociali o a qualsivoglia altro titolo; della salvaguardia delle minoranze di ogni genere (religiose, politiche, linguistiche o di qualsivoglia altra natura).