

Guida ai Piani di Studio Laurea Magistrale in Fisica A.A. 2024/2025

25 ottobre 2024

Indice

1 Glossario e passi formali	1
2 I Piani di Studio Consigliati	3
3 Corsi a libera scelta non specifici di un particolare Piano di studio	5
4 Corsi di nuova attivazione	5
5 I Piani di studio consigliati in dettaglio	6

La scelta dell'insieme degli insegnamenti che ti porteranno alla Laurea Magistrale in Fisica è un processo molto importante perché indirizza l'ambito in cui svolgerai la tua ricerca o il tuo lavoro. Con questa guida intendiamo fornire dei chiarimenti riguardo alle possibili scelte che il Corso di Studi in Fisica a Pisa offre e a quali sono i passi per implementare questa scelta.

1 Glossario e passi formali

La prima scelta che si deve fare riguardo l'indirizzo che si vuole seguire è richiesta al momento dell'iscrizione al corso di Laurea Magistrale, tramite il portale [Alice](#). Le possibili opzioni a questo livello sono ristrette a cinque grandi aree di ricerca, indicate nel seguito con curriculum, ed ad un curriculum generale. L'opzione scelta serve per una prima definizione degli esami che si dovranno sostenere per ottenere la LM. Tuttavia essa può essere rifinita o anche completamente modificata al momento della sottomissione del Piano

di Studi (PdS) quando cioè si conoscono meglio gli insegnamenti e tutte le possibili offerte formative che esistono nel corso di studi¹

La varietà dell'offerta formativa è sintetizzata attraverso Piani di Studio (PdS) consigliati qui di seguito che fungono da guida per comporre il Piano di Studi Individuale (PdSI). Il PdSI è l'insieme degli esami che lo studente si prefigge di sostenere per conseguire la Laurea Magistrale. I PdS guidano la scelta non solo per fare in modo di rispettare le regole di base per conseguire la Laurea Magistrale in Fisica ma anche per formare un percorso armonico e completo per la tematica che si vuole approfondire.

In ogni PdS consigliato si hanno degli esami obbligatori e delle scelte tra vari insegnamenti dello stesso settore o di settori simili. Il settore di un insegnamento è identificato da un'etichetta: FIS/xx. Le prime tre lettere indicano il settore scientifico, FIS per fisica, ed i numeri che seguono indicano il sotto-settore con la seguente associazione:

- FIS/01 - Fisica Sperimentale;
- FIS/02 - Fisica teorica, modelli e metodi matematici;
- FIS/03 - Fisica della materia;
- FIS/04 - Fisica nucleare e subnucleare;
- FIS/05 - Astronomia e astrofisica;
- FIS/06 - Fisica per il sistema Terra;
- FIS/07 - Fisica applicata;
- FIS/08 - Didattica e storia della Fisica.

Alcuni esami non fanno parte dal settore scientifico FIS ma di altri settori come ad esempio scienze dell'informazione (INF) o matematica (MAT).

Si raccomanda, nella scelta degli esami che compongono il Piano di Studi Individuale, di consultare i programmi e le propedeuticità dei singoli insegnamenti su esami.unipi.it attraverso il link che è disponibile per ogni insegnamento.

In ogni PdSI è sempre possibile scegliere 12 CFU tra tutti quelli erogati dal CdS in [Fisica](#) ma anche più in generale tra quelli erogati anche in altri Corsi di studio ed anche alla Scuola Normale e della Scuola Sant'Anna. Chiaramente la scelta dei CFU liberi deve essere consona al completamento del proprio PdSI. Vi sono alcuni insegnamenti del CdS in Fisica che affrontano argomenti generali e non sono quindi legati ad un particolare Piano di Studi ma possono essere scelti in ognuno di essi. Potete trovare la breve lista di questi esami alla sezione [3](#).

Una volta che avrai deciso quale PdSI vuoi seguire lo devi proporre all'approvazione del Consiglio di Corso di Studi tramite il portale CAPS caps.df.unipi.it. Il PdSI può essere presentato in qualsiasi momento dell'anno e può essere variato tutte le volte che si vuole.

¹Nel caso in cui si stia beneficiando di borse di studio che dipendono dal numero di esami obbligatori da sostenere è fortemente consigliato contattare la segreteria didattica per verificare quali esami siano richiesti per la conferma della propria borsa di studio.

Nel caso in cui si scelga di sottomettere un PdSI libero, cioè che non rientra in nessuno dei PdS elencati qui sotto, si devono rispettare delle regole minime elencate nella relativa sezione e motivare questa scelta con un commento su CAPS.

L'approvazione di un PdSI non è automatica e quindi, specialmente nel caso in cui si presenti un PdSI con delle modifiche rispetto ai PdS consigliati, è importante sottomettere il PdSI su CAPS prima possibile e comunque prima di iniziare a sostenere gli esami per essere sicuri che gli insegnamenti scelti formino un percorso formativo adeguato.

2 I Piani di Studio Consigliati

La lista è in ordine alfabetico mentre il PdSI libero è in fondo alla lista. Alla fine di ogni sintetica descrizione dei PdS viene indicato a quale curriculum esso corrisponde.

Astronomy and Astrophysics Sviluppa i metodi d'indagine riguardanti le tematiche astrofisiche e spaziali e approfondisce i legami tra la fisica di base e le evidenze osservative in astrofisica. (Curriculum Astronomia e Astrofisica)

Complex Systems Percorso formativo trasversale che fornisce competenze per studiare i sistemi complessi, caratterizzati da avere molte componenti interagenti, con comportamenti difficili da prevedere ed emergenti. (Curriculum Generale)

Data Analysis in Experimental Physics Percorso formativo per approfondire gli aspetti legati all'analisi dei dati anche nelle applicazioni alla fisica sperimentale. (Curriculum Generale)

Fisica Teorica Fornisce competenze nell'ambito della fisica teorica, spaziando tra le teorie di campo quantistiche, la fenomenologia delle interazioni fondamentali, la teoria della gravitazione, la fisica statistica e dello stato condensato, le interazioni nucleari. (Curriculum Fisica Teorica)

Fundamental interactions Fornisce conoscenze nel campo della fisica delle particelle nucleari e subnucleari, delle onde gravitazionali e delle particelle d'origine cosmica. (Curriculum Interazioni Fondamentali)

Medical Physics Fornisce conoscenze sulle metodologie fisiche usate in medicina in campo diagnostico e terapeutico. (Curriculum Fisica Medica)

Phenomenology of Fundamental Interactions Percorso formativo per approfondire sia il lato teorico che sperimentale della fisica delle interazioni fondamentali, a metà strada tra l'area teorica e quella di fisica sperimentale delle particelle. (Curriculum Generale)

Physics for Cultural Heritage Questo piano di studio si propone di formare dei Fisici che siano in grado di dialogare efficacemente con Storici dell'Arte, Restauratori e Archeologi, per affrontare, in un ambito multidisciplinare e nei limiti delle rispettive competenze, problematiche complesse che possono trovare soluzione mediante l'uso di strumenti e metodi tipici della ricerca fisica. (Curriculum Generale)

Physics of Biosystems Percorso formativo per approfondire aspetti legati alla fisica della materia e dei sistemi complessi allo studio dei fenomeni rilevanti per le scienze della vita. (Curriculum Fisica della Materia)

Physics of Geofluids Dynamics and Solid Earth Fornisce i fondamenti teorici e applicativi per lo studio dei processi fondamentali dei fluidi geofisici e della terra solida, con applicazioni alla fisica dei terremoti, alla vulcanologia e alla fisica dell'ambiente. (Curriculum Generale)

Physics of Matter Dedicato allo studio teorico e sperimentale degli stati della materia, sia classici che quantistici, e la loro interazione con i campi elettromagnetici. (Curriculum Fisica della Materia)

Physics of the Universe Fornisce competenze a chi intenda studiare i fenomeni dell'universo utilizzando un approccio interdisciplinare teorico e sperimentale basato sull'osservazione dei diversi tipi di segnali cosmici, come onde gravitazionali, radiazione elettromagnetica e astroparticelle, beneficiando anche della vicinanza con l'osservatorio gravitazionale europeo (EGO) e dell'attività di ricerca svolta con il rivelatore di onde gravitazionali Advanced VIRGO. (Curriculum generale)

Plasma Physics Percorso per l'acquisizione dei fondamenti e dei processi fisici di base nei plasmi; approfondimento della fisica dei plasmi spaziali e della fusione. (Curriculum Fisica della Materia)

Quantum Computing and Technologies Fornisce competenze nel campo del Quantum Computing, sia dal punto di vista teorico che sperimentale. (Curriculum Generale)

Theory of Quantum Materials Sviluppa i metodi d'indagine teorico computazionali per lo studio dei nuovi materiali. (Curriculum Generale)

Libero Permette di costruire un Piano di Studi Individuale che non rientra nei PdS visti sopra.

3 Corsi a libera scelta non specifici di un particolare Piano di studio

Corsi a scelta

II s	ACCELERATORI LASER-PLASMA (FIS03)	6 CFU
II s	ARMI NUCLEARI, DISARMO E PROLIFERAZIONE NUCLEARI (FIS 04)	6 CFU
I s	PHYSICS OF SOUND (FIS 07)	6 CFU

4 Corsi di nuova attivazione

I s	ADVANCED TECHNOLOGIES FOR GROUND-BASED ASTROPHYSICS: FROM MICROWAVES TO VISIBLE LIGHT (FIS 05)	6 CFU
A	ASTROPHYSICS AND MULTIMESSENGER LABORATORY (FIS 01)	12 CFU
II s	BIOPHYSICS FOR eFLASH THERAPY (FIS 07)	9 CFU
II s	DETECTION TECHNIQUES: FROM LAB TO SPACE (FIS 01)	9 CFU
II s	FLEXIBLE AND NANO-ELECTRONICS (FIS 03)	9 CFU
II s	LABORATORY OF INSTRUMENTAL SEISMOLOGY (FIS 01)	9 CFU
II s	MECHANICS OF GEOPHYSICAL FLUIDS (FIS 06)	9 CFU
II s	MICROBIOROBOTICS (FIS 03)	6 CFU
I s	MULTIMESSENGER AND HIGH-ENERGY ASTROPHYSICS (FIS 01)	6 CFU
II s	NEUROENGINEERING (FIS 03)	6 CFU
I s	PHYSICS OF STAR FORMATION (FIS 05)	6 CFU
II s	QUANTUM MACHINE LEARNING (FIS 03)	3 CFU
II s	QUANTUM TECHNOLOGIES FOR FUNDAMENTAL INTERACTION PHYSICS (FIS 01)	9 CFU

5 I Piani di studio consigliati in dettaglio

Per i corsi che saranno disponibili per la prima volta nell'A.A. 2024/25 il link sul sito esami.unipi.it sarà collegato non appena disponibile il sito per il nuovo A.A.

ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS

Corsi obbligatori	39 CFU
A ASTROPHYSICS AND MULTIMESSENGER LABORATORY (FIS 01)	12 CFU
II s EXTRAGALACTIC ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY (FIS 05)	9 CFU
II s STELLAR PHYSICS (FIS 05)	9 CFU
I s ASTROPHYSICAL PROCESSES (FIS 05)	9 CFU
Corsi in alternativa (uno per ciascuno dei due gruppi seguenti)	18 CFU
Gruppo fisica della materia, fisica nucleare e subnucleare	
I s FISICA NUCLEARE (FIS 04)	9 CFU
I s PLASMA PHYSICS (FIS 03/FIS 05)	9 CFU
Gruppo fisica teorica	
I s FISICA STATISTICA (FIS 02)	9 CFU
I s FISICA TEORICA 1 (FIS 02)	9 CFU
I s RELATIVITÀ GENERALE (FIS 02)	9 CFU
Corsi a scelta (di cui almeno 6 CFU tra i seguenti)	18 CFU
I s ADVANCED TECHNOLOGIES FOR GROUND-BASED ASTROPHYSICS: FROM MICROWAVES TO VISIBLE LIGHT (FIS 05)	6 CFU
I s EXPERIMENTAL METHODOLOGIES FOR ASTROPARTICLE PHYSICS (FIS 01)	9 CFU
I s EXPERIMENTAL METHODOLOGIES FOR ASTROPARTICLE PHYSICS S (FIS 01)	6 CFU
I s FLUIDODYNAMICS (FIS 03) (se non già sostenuto in triennale)	6 CFU
I s MULTIMESSENGER AND HIGH-ENERGY ASTROPHYSICS (FIS 01)	6 CFU
I s PHYSICS OF STAR FORMATION (FIS 05)	6 CFU
I s PLASMA PHYSICS (FIS 03/FIS 05)	9 CFU
II s ASTROPARTICLE PHYSICS (FIS 05)	9 CFU
II s ASTROPARTICLE PHYSICS S (FIS 05)	6 CFU
II s COMPACT STAR PHYSICS S (FIS 04)	6 CFU
II s COSMOLOGIA DEL PRIMO UNIVERSO (FIS 05)	9 CFU
II s COSMOLOGIA DEL PRIMO UNIVERSO S (FIS 05)	6 CFU
II s DETECTION TECHNIQUES: FROM LAB TO SPACE (FIS 01)	9 CFU
II s EXOPLANETARY SYSTEMS (FIS 05)	6 CFU
II s FISICA TEORICA 2 (FIS 02)	9 CFU
II s GRAVITATIONAL WAVE PHYSICS (FIS 01)	9 CFU
II s GRAVITATIONAL WAVE PHYSICS S (FIS 01)	6 CFU
II s TEORIE DELLA GRAVITAZIONE (FIS 02)	9 CFU
II s TEORIE DELLA GRAVITAZIONE S (FIS 02)	6 CFU
A METODI NUMERICI PER LA FISICA (FIS 01)	9 CFU
Prova finale	45 CFU
Gran totale	120 CFU

Nell'ambito di alcuni possibili percorsi tematici di Astrofisica si suggeriscono i seguenti corsi fra quelli a scelta.

1. Percorso **Fisica Stellare**: Compact star physics S (6 CFU), Physics of star formation (6 CFU)
2. Percorso **Astrofisica Galattica e Cosmologia**: Astroparticle physics S (6 CFU), Cosmologia del primo universo S (6 CFU), Relatività generale (9 CFU)

-
3. Percorso **Onde Gravitazionali e Oggetti compatti**: Gravitational waves physics S (6 CFU), Compact star physics S (6 CFU), Relatività generale (9 CFU)
 4. Percorso **Fisica dei Pianeti**: Physics of star formation (6 CFU), Exoplanetary systems (6 CFU)
 5. Percorso **Astronomia Osservativa**: Advanced technologies for ground-based astrophysics (6 CFU), Multimessenger and high-energy astrophysics (6 CFU)

COMPLEX SYSTEMS

Corsi obbligatori	18 CFU
I s COMPLEX SYSTEMS (FIS 03)	9 CFU
I s FISICA STATISTICA (FIS 02)	9 CFU
Corsi in alternativa (uno per ciascuno dei due gruppi seguenti)	15 CFU
Gruppo astronomia e astrofisica	
II s ASTROFISICA GENERALE (FIS 05) (se non già sostenuto in triennale)	6 CFU
I s PLASMA PHYSICS (FIS 03/FIS 05)	9 CFU
II s STELLAR PHYSICS S (FIS 05)	6 CFU
II s STELLAR PHYSICS (FIS 05)	9 CFU
Gruppo fisica sperimentale	
I s ANALISI STATISTICA DEI DATI (FIS 01)	9 CFU
I s COMPUTING METHODS FOR EXPERIMENTAL PHYSICS AND DATA ANALYSIS (FIS 01)	9 CFU
A BIO-SYSTEMS LAB (FIS 01/07)	15 CFU
A METODI NUMERICI PER LA FISICA (FIS 01)	9 CFU
Corsi a scelta	42 CFU
Tutti i corsi nelle scelte in alternativa possono essere scelti come corsi a scelta oltre ai seguenti	
I s BIOINFORMATICA (INF 01) (LM Bio. Mol. e Cell., cod. 178EE)	3 CFU
I s DATA MINING AND MACHINE LEARNING (ING-INF 05) (LM Art. intel. and Data Eng., cod. 878II) (vedi nota)	12 CFU
I s DISORDERED SYSTEMS OUT OF EQUILIBRIUM (FIS 03)	9 CFU
I s FISICA TEORICA 1 (FIS 02)	9 CFU
I s GEOSPATIAL ANALYTICS (INF 01) (LM Data Science and Busin. Info, 783AA)	6 CFU
I s FLUIDODYNAMICS (FIS 03) (se non già sostenuto in triennale)	6 CFU
I s INTRODUCTION TO MOLECULAR BIOPHYSICS (FIS 03)	6 CFU
I s MACHINE LEARNING (INF 01) (LM Inf., 654AA)	9 CFU
I s PHYSICS OF BIOSYSTEMS (FIS 03)	9 CFU
I s QUANTUM COMPUTING AND TECHNOLOGIES (FIS 03)	9 CFU
II s ANALISI DEI DATI (MAT 06) (LM Mat., cod. 699AA)	6 CFU
II s COMPLEX SYSTEMS - NEURAL DYNAMICS (FIS 03)	9 CFU
II s COMPUTATIONAL NEUROSCIENCE (INF 01) (LM Bio. Eng., cod. 674AA) (vedi nota)	6 CFU
II s DETECTION TECHNIQUES: FROM LAB TO SPACE (FIS 01)	9 CFU
II s DYNAMICS OF COMPLEX SYSTEMS (LM e PhD Matematica)	6 CFU
II s EARTHQUAKE SEISMOLOGY (GEO 11) (LM Expl. and Appl. Geo.)	6 CFU
II s FISICA DELL'ATMOSFERA (LM Scienze Ambientali 363BB) (FIS 07)	6 CFU
II s FISICA TEORICA 2 (FIS 02)	9 CFU
II s LINGUISTICA COMPUTAZIONALE II (L-LIN 01) (LM Inf. Uman, cod. 513LL)	6 CFU
II s MICROBIOROBOTICS (FIS 03)	6 CFU
II s MODELLIZZAZIONE BIOFISICA DEI SISTEMI COMPLESSI (FIS03) (LM Ing Bio., cod. 273BB)	6 CFU
II s NEUROENGINEERING (FIS03)	6 CFU
II s NONLINEAR DYNAMICS (FIS 03)	9 CFU
II s OCEANOGRAFIA FISICA SU GRANDE SCALA (FIS 03/06)	9 CFU
II s QUANTUM MACHINE LEARNING (FIS 03)	3 CFU
II s QUANTUM THERMODYNAMICS (FIS 03)	6 CFU
II s SOCIAL NETWORK ANALYSIS (INF 01) (LM Data Science and Busin. Info., cod. 668AA)	6 CFU
II s STATISTICS FOR DATA SCIENCE (SECS-S 01) (LM Data Science and Busin. Info., cod. 628PP)	9 CFU
II s TEORIA DEI GIOCHI (MAT 09) (LM Matematica, cod. 211AA)	6 CFU
A DATA MINING (INF 01) (LM Data Science and Busin. Info., cod. 420AA) (vedi nota)	12 CFU
A DATA MINING: FUNDAMENTALS (INF 01) (LM Inf. Uman., cod. 676AA) (vedi nota)	6 CFU
- MARKETS, TRADING AND TECHNOLOGIES (SNS)	3 CFU
- MATHEMATICAL MODELS FOR QUANTITATIVE FINANCE: MARKET MICROSTRUCTURE, NETWORKS, AND SYSTEMIC RISK (FIS 03) (SNS)	5 CFU
- QUANTITATIVE FINANCE (SNS)	6 CFU
- STATISTICAL AND MACHINE LEARNING MODELS FOR TIME SERIES ANALYSIS (SNS)	6 CFU
Prova finale	45 CFU
Gran totale	120 CFU

Note:

- almeno 18 CFU dei 42 CFU a scelta devono essere nei settori disciplinari FIS
- i corsi 878II e i corsi 676AA e 420AA presentano sovrapposizioni di programma: è necessario quindi presentare un piano di studi per concordare per quanti CFU verranno conteggiati, se si intende sostenere l'esame di più di uno di questi corsi
- il corso di codice 676AA è la prima parte del corso di codice 420AA, quindi non possono essere scelti entrambi
- il corso di codice 674AA è erogato in una LM a numero programmato: la possibilità di frequentarlo è subordinata alla disponibilità di posti liberi e va concordata a inizio del corso con il docente
- nel gruppo "Fisica Sperimentale" è possibile optare per la coppia "Computing methods for experimental physics and data analysis S" (6 CFU) + "Metodi numerici per la fisica S" (6 CFU) come completamento dell'obbligo. In questo caso, entrambi gli esami vanno sostenuti.

Sulla base dei percorsi formativi scelti nel passato da studenti e studentesse che hanno deciso di seguire un determinato percorso formativo entro l'ambito dei sistemi complessi, sono qui indicati tipicamente quali insegnamenti sono stati inseriti nei rispettivi piani di studio

Percorso "Finanza":

Markets, trading and technologies, Mathematical models for quantitative finance: market microstructure, networks, and systemic risk, Quantitative finance, Statistical and machine learning models for time series analysis, Social network analysis

Percorso "Neuroni/Cervello":

Complex systems - neural dynamics, Computational neuroscience, Metodi numerici per la fisica (incluso modulo Metodi della fisica nonlineare e delle neuroscienze), Neuroengineering, Nonlinear dynamics, Data mining

Percorso "Active Matter":

Disordered systems out of equilibrium, Microbiorobotics, Modellizzazione biofisica dei sistemi complessi, Fluidodynamic, Introduction to molecular biophysics Oceanografia fisica a grande scala, Physics of biosystems,

Percorso "Sistema Terra":

Fluidodynamic, Oceanografia fisica a grande scala, Fisica dell'atmosfera, Earthquake seismology, Plasma physics

Percorso "Caos, sistemi dinamici":

Dynamics of complex systems, Metodi numerici per la fisica (incluso modulo Metodi della fisica nonlineare e delle neuroscienze), Nonlinear dynamics, Quantum thermodynamics

Percorso "Complessità e reti":

Data mining (420AA), Geospatial analytics, Machine learning (654AA), Social network analysis

DATA ANALYSIS IN EXPERIMENTAL PHYSICS

Corsi obbligatori	18 CFU
I s ANALISI STATISTICA DEI DATI (FIS 01)	9 CFU
I s COMPUTING METHODS FOR EXPERIMENTAL PHYSICS AND DATA ANALYSIS (FIS 01)	9 CFU
Corsi in alternativa	27-30 CFU
(almeno uno per ciascuno dei quattro gruppi)	
Gruppo astronomia e astrofisica	
II s ASTROFISICA GENERALE (FIS 05) (se non già sostenuto in triennale)	6 CFU
II s ASTROPARTICLE PHYSICS S (FIS 05)	6 CFU
II s COSMOLOGIA DEL PRIMO UNIVERSO S (FIS 05)	6 CFU
II s EXTRAGALACTIC ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY (FIS 05)	9 CFU
II s STELLAR PHYSICS S (FIS 05)	6 CFU
Gruppo fisica della materia, fisica nucleare e subnucleare	
II s ACCELERATOR PHYSICS (FIS 04)	9 CFU
I s FISICA NUCLEARE (FIS 04)	9 CFU
I s FUNDAMENTAL INTERACTIONS (FIS 04)	9 CFU
I s PLASMA PHYSICS (FIS 03/FIS 05)	9 CFU
I s SOLID STATE PHYSICS (FIS 03)	9 CFU
Gruppo fisica sperimentale	
I s FUNDAMENTAL INTERACTIONS LABORATORY S (FIS 01)	9 CFU
II s GRAVITATIONAL WAVE PHYSICS S (FIS 01)	6 CFU
II s INSTRUMENTATION FOR FUNDAMENTAL INTERACTIONS PHYSICS (FIS 01)	9 CFU
II s QUANTUM TECHNOLOGIES FOR FUNDAMENTAL INTERACTION PHYSICS (FIS 01)	9 CFU
Gruppo fisica teorica	
I s FISICA STATISTICA (FIS 02)	9 CFU
I s FISICA TEORICA 1 (FIS 02)	9 CFU
I s RELATIVITÀ GENERALE (FIS 02)	9 CFU
Corsi a scelta	27 CFU
(di cui almeno 9 CFU tra i corsi elencati sott)	
I s DATA MINING AND MACHINE LEARNING (ING-INF 05) (LM Art. intel. and Data Eng., cod. 878II) (vedi nota)	12 CFU
I s MACHINE LEARNING (INF 01) (LM Inf., 654AA)	9 CFU
I s QUANTUM COMPUTING AND TECHNOLOGIES (FIS 03)	9 CFU
I s SIGNAL PROCESSING FOR PHYSICS (FIS 01)	6 CFU
II s ANALISI DEI DATI (MAT 06) (LM Mat., cod. 699AA)	6 CFU
II s METODI MONTECARLO NELLA FISICA SPERIMENTALE (FIS 01)	6 CFU
II s SOCIAL NETWORK ANALYSIS (INF 01) (LM Data Science and Busin. Info., cod. 668AA)	6 CFU
A DATA MINING (INF 01) (LM Data Science and Busin. Info., cod. 420AA) (vedi nota)	12 CFU
A DATA MINING: FUNDAMENTALS (INF 01) (LM Inf. Uman., cod. 676AA) (vedi nota)	6 CFU
A METODI NUMERICI PER LA FISICA (FIS 01)	9 CFU
Prova finale	45 CFU
Gran totale	120 CFU

Note:

- i corsi 878II, e i corsi 676AA e 420AA presentano sovrapposizioni di programma: è necessario quindi presentare un piano di studi per concordare per quanti CFU verranno conteggiati, se si intende sostenere l'esame di più di uno di questi corsi
- il corso di codice 676AA è la prima parte del corso di codice 420AA, quindi non possono essere scelti entrambi

FISICA TEORICA

Un asterisco indica gli esami mutuati dal dottorato, che possono svolgersi in periodi diversi dai canonici I s e II s. Si suggerisce di contattare i docenti per maggiori informazioni.

Corsi obbligatori	18 CFU
I s FISICA TEORICA 1 (FIS 02)	9 CFU
II s FISICA TEORICA 2 (FIS 02)	9 CFU
Due corsi a scelta tra	18 CFU
II s CROMODINAMICA QUANTISTICA (FIS 02)	9 CFU
I s FISICA NUCLEARE (FIS 04)	9 CFU
I s FISICA STATISTICA (FIS 02)	9 CFU
I s RELATIVITÀ GENERALE (FIS 02)	9 CFU
Corsi in alternativa	24 CFU
(uno per ciascuno dei tre gruppi seguenti)	
Gruppo astronomia e astrofisica	
II s ASTROFISICA GENERALE (FIS 05) (se non già sostenuto in triennale)	6 CFU
II s ASTROPARTICLE PHYSICS (FIS 05)	9 CFU
II s ASTROPARTICLE PHYSICS S (FIS 05)	6 CFU
I s ASTROPHYSICAL PROCESSES (FIS 05)	9 CFU
II s COSMOLOGIA DEL PRIMO UNIVERSO (FIS 05)	9 CFU
II s COSMOLOGIA DEL PRIMO UNIVERSO S (FIS 05)	6 CFU
I s PLASMA PHYSICS (FIS 03/FIS 05)	9 CFU
II s STELLAR PHYSICS (FIS 05)	9 CFU
II s STELLAR PHYSICS S (FIS 05)	6 CFU
Gruppo fisica della materia, fisica nucleare e subnucleare (gruppo non necessario se si è scelto FISICA NUCLEARE tra i due corsi a scelta)	
I s COMPLEX SYSTEMS (FIS 03)	9 CFU
II s CONDENSED MATTER PHYSICS (FIS 03)	9 CFU
I s FISICA NUCLEARE (FIS 04)	9 CFU
I s FUNDAMENTAL OF LIGHT-MATTER INTERACTION (FIS 03)	9 CFU
I s FUNDAMENTAL INTERACTIONS (FIS 04)	9 CFU
I s QUANTUM COMPUTING AND TECHNOLOGIES (FIS 03)	9 CFU
I s SOLID STATE PHYSICS (FIS 03)	9 CFU
Gruppo fisica sperimentale	
I s ANALISI STATISTICA DEI DATI (FIS 01)	9 CFU
A ASTROPHYSICS AND MULTIMESSENGER LABORATORY (FIS 01)	12 CFU
I s FUNDAMENTAL INTERACTIONS LABORATORY S (FIS 01)	9 CFU
A METODI NUMERICI PER LA FISICA (FIS 01)	9 CFU
A PHYSICS OF MATTER AND NANOTECHNOLOGY LABORATORY S (FIS 01)	9 CFU
Corsi a scelta	15 CFU
In relazione al percorso dettagliato che si intende seguire, si suggerisce di scegliere tra i corsi rimanenti di quelli in alternativa ed i seguenti	
A METODI NUMERICI PER LA FISICA (FIS 01)	9 CFU
A METODI NUMERICI PER LA FISICA S (FIS 01)	6 CFU
I s ASPETTI NON PERTURBATIVI DELLE TEORIE DI CAMPO QUANTISTICHE* (FIS 02)	9 CFU
I s ASPETTI NON PERTURBATIVI DELLE TEORIE DI CAMPO QUANTISTICHE S* (FIS 02)	6 CFU
I s PARTICLE DARK MATTER (FIS 01)	6 CFU
II s COMPACT STAR PHYSICS S (FIS 04)	6 CFU
II s COSMOLOGIA DEL PRIMO UNIVERSO (FIS 05)	9 CFU
II s COSMOLOGIA DEL PRIMO UNIVERSO S (FIS 05)	6 CFU
II s GRAVITATIONAL WAVE PHYSICS (FIS 01)	9 CFU
II s QUANTUM THERMODYNAMICS (FIS 03)	6 CFU
II s TEORIE DELLA GRAVITAZIONE (FIS 02)	9 CFU
– EFFECTIVE FIELD THEORIES (FIS 02) (SNS)	6 CFU
– STANDARD MODEL AND BEYOND (FIS 02) (SNS)	6 CFU
Prova finale	45 CFU
Gran totale	120 CFU

FUNDAMENTAL INTERACTIONS

Corsi obbligatori	24 CFU
I s FUNDAMENTAL INTERACTIONS (FIS 04)	9 CFU
A FUNDAMENTAL INTERACTIONS LABORATORY (FIS 01)	15 CFU
Corsi in alternativa (almeno uno per ciascuno dei quattro gruppi)	30 CFU
Gruppo astronomia e astrofisica	
II s ASTROFISICA GENERALE (FIS 05) (se non già sostenuto in triennale)	6 CFU
II s ASTROPARTICLE PHYSICS S (FIS 05)	6 CFU
II s COSMOLOGIA DEL PRIMO UNIVERSO S (FIS 05)	6 CFU
Gruppo fisica teorica	
I s FISICA TEORICA 1 (FIS 02)	9 CFU
I s RELATIVITÀ GENERALE (FIS 02)	9 CFU
Gruppo fisica sperimentale, nucleare e subnucleare 1	
II s GRAVITATIONAL WAVE PHYSICS S (FIS 01)	6 CFU
II s PARTICLE PHYSICS S (FIS 04)	6 CFU
II s QUANTUM TECHNOLOGIES FOR FUNDAMENTAL INTERACTION PHYSICS (FIS 01)	9 CFU
Gruppo fisica sperimentale, nucleare e subnucleare 2	
II s ACCELERATOR PHYSICS (FIS 04)	9 CFU
I s ANALISI STATISTICA DEI DATI (FIS 01)	9 CFU
I s COMPUTING METHODS FOR EXPERIMENTAL PHYSICS AND DATA ANALYSIS (FIS 01)	9 CFU
II s INSTRUMENTATION FOR FUNDAMENTAL INTERACTIONS PHYSICS (FIS 01)	9 CFU
Corsi a scelta (di cui almeno 9 CFU tra seguenti o corsi in alternativa nelle versioni sia da 6 che da 9 CFU)	21 CFU
I s EXPERIMENTAL METHODOLOGIES FOR ASTROPARTICLE PHYSICS (FIS 01)	9 CFU
I s FISICA NUCLEARE (FIS 04)	9 CFU
I s FISICA STATISTICA (FIS 02)	9 CFU
I s FUNDAMENTAL OF LIGHT-MATTER INTERACTION (FIS 03)	9 CFU
I s INTRODUCTION TO NEUTRINO PHYSICS (FIS 04)	3 CFU
I s PARTICLE DARK MATTER (FIS 01)	6 CFU
I s PROGETTAZIONE DI SISTEMI DIGITALI (ING-INF 01) (LM Ing. elettron., cod. 314II)	9 CFU
I s RADIATION PROTECTION (ING-IND 20) (LM Nuclear Eng., cod. 1095I)	6 CFU
I s SIGNAL PROCESSING FOR PHYSICS (FIS 01)	6 CFU
I s SOLID STATE PHYSICS (FIS 03)	9 CFU
II s BIOPHYSICS FOR eFLASH THERAPY (FIS 07)	9 CFU
II s DETECTION TECHNIQUES: FROM LAB TO SPACE (FIS 01)	9 CFU
II s DOSIMETRY (FIS 07)	6 CFU
II s ELETTRONICA E SENSORI (FIS 07)	6 CFU
II s FISICA TEORICA 2 (FIS 02)	9 CFU
II s FLEXIBLE AND NANO-ELECTRONICS (FIS 03)	9 CFU
II s GRAVITATIONAL WAVE PHYSICS (FIS 01)	9 CFU
II s HADRON COLLIDER PHYSICS (FIS 01)	9 CFU
II s HADRON COLLIDER PHYSICS S (FIS 01)	6 CFU
II s METODI MONTECARLO NELLA FISICA SPERIMENTALE (FIS 01)	6 CFU
II s PARTICLE PHYSICS (FIS 04)	9 CFU
II s RECENT HIGHLIGHTS IN FUNDAMENTAL INTERACTIONS (FIS 01)	3 CFU
II s SIMMETRIE DISCRETE (FIS 04)	6 CFU
A METODI NUMERICI PER LA FISICA (FIS 01)	9 CFU
– STANDARD MODEL AND BEYOND (FIS 02) (SNS)	6 CFU
Prova finale	45 CFU
Gran totale	120 CFU

MEDICAL PHYSICS

Corsi obbligatori	27 CFU
A MEDICAL PHYSICS 1 (FIS 07)	9 CFU
II s MEDICAL PHYSICS 2 (FIS 07)	6 CFU
A MEDICAL PHYSICS LABORATORY (FIS 01/07)	12 CFU
Corsi in alternativa (uno per ciascuno dei tre gruppi seguenti)	21/24 CFU
Gruppo astronomia e astrofisica	
II s ASTROFISICA GENERALE (FIS 05) (se non già sostenuto in triennale)	6 CFU
II s ASTROPARTICLE PHYSICS S (FIS 05)	6 CFU
II s STELLAR PHYSICS S (FIS 05)	6 CFU
Gruppo fisica della materia, fisica nucleare e subnucleare	
I s FISICA NUCLEARE (FIS 04)	9 CFU
I s FUNDAMENTAL INTERACTIONS (FIS 04)	9 CFU
I s INTRODUCTION TO MOLECULAR BIOPHYSICS (FIS 03)	6 CFU
I s PHYSICS OF BIOSYSTEMS (FIS 03)	9 CFU
Gruppo fisica teorica	
I s FISICA STATISTICA (FIS 02)	9 CFU
I s FISICA TEORICA 1 (FIS 02)	9 CFU
I s RELATIVITÀ GENERALE (FIS 02)	9 CFU
Corsi a scelta (di cui almeno 9 CFU tra i seguenti)	24/27 CFU
I s ANALISI STATISTICA DEI DATI (FIS 01)	9 CFU
I s COMPUTING METHODS FOR EXPERIMENTAL PHYSICS AND DATA ANALYSIS (FIS 01)	9 CFU
I s COMPUTING METHODS FOR EXPERIMENTAL PHYSICS AND DATA ANALYSIS S (FIS 01)	6 CFU
I s ELEMENTS OF PHYSIOLOGY, PATHOPHYSIOLOGY, AND DIAGNOSTICS (BIO 09)	6 CFU
I s FISICA NUCLEARE (FIS 04)	9 CFU
I s FUNDAMENTAL INTERACTIONS (FIS 04)	9 CFU
I s FUNDAMENTAL OF LIGHT-MATTER INTERACTION (FIS 03)	9 CFU
I s INTRODUCTION TO MOLECULAR BIOPHYSICS (FIS 03)	6 CFU
I s PHYSICS OF BIOSYSTEMS (FIS 03)	9 CFU
I s SIGNAL PROCESSING FOR PHYSICS (FIS 01)	6 CFU
II s ACCELERATOR PHYSICS (FIS 04)	9 CFU
II s ACCELERATOR PHYSICS S (FIS 04)	6 CFU
II s BIOPHYSICS FOR eFLASH THERAPY (FIS 07)	9 CFU
II s CELL BIOPHYSICS (FIS 03)	6 CFU
II s DETECTION TECHNIQUES: FROM LAB TO SPACE (FIS 01)	9 CFU
II s DOSIMETRY (FIS 07)	6 CFU
II s FLEXIBLE AND NANO-ELECTRONICS (FIS 03)	9 CFU
II s METODI MONTECARLO NELLA FISICA SPERIMENTALE (FIS 01)	6 CFU
II s MICROBIOROBOTICS (FIS 03)	6 CFU
II s NEUROENGINEERING (FIS03)	6 CFU
II s NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE (FIS 07)	6 CFU
A METODI NUMERICI PER LA FISICA (FIS 01)	9 CFU
Prova finale	45 CFU
Gran totale	120 CFU

Percorsi consigliati

Percorso FISICA MEDICA

Percorso consigliato a studentesse e studenti interessati ad approfondire le metodologie fisiche applicate alla medicina, anche in vista di una possibile carriera professionale come specialista in fisica medica.

Da "In alternativa"

Fisica nucleare (FIS 04) 9 CFU

Da “A scelta”

Comp. methods for exp. phys. and data analysis S (FIS 01) 6 CFU

Dosimetry (FIS 07) 6 CFU

Metodi montecarlo nella fisica sperimentale (FIS 01) 6 CFU

Nuclear magnetic resonance (FIS 07) 6 CFU

Percorso FLASH RT

Percorso consigliato a studentesse e studenti interessati ad acquisire una conoscenza approfondita dei fenomeni fisici e dei meccanismi radiobiologici alla base della radioterapia FLASH, fornendo competenze computazionali e sperimentali proprie della ricerca nel campo.

Da “In alternativa”

Introduction to molecular biophysics (FIS 03) 6 CFU

Da “A scelta”

Accelerator physics S (FIS 04) 6 CFU

Biophysics for eflash therapy (FIS07) 9 CFU

Comp. methods for exp. phys. and data analysis S (FIS 01) 6 CFU

Dosimetry (FIS 07) 6 CFU

Percorso IMAGING BIOMEDICO

Percorso consigliato per studentesse e studenti interessati a sviluppare una comprensione approfondita dei principi fisici e delle tecnologie utilizzate nella generazione e analisi di immagini di fenomeni biologici su diverse scale dimensionali.

Da “In alternativa”

Introduction to molecular biophysics (FIS 03) 6 CFU

Da “A scelta”

Cell biophysics (FIS 03) 6 CFU

Comp. methods for exp. phys. and data analysis S (FIS 01) 6 CFU

Nuclear magnetic resonance (FIS 07) 6 CFU

Physics of biosystems (FIS 03) 9 CFU

PHENOMENOLOGY OF FUNDAMENTAL INTERACTIONS

Corsi obbligatori	45 CFU
II s ASTROPARTICLE PHYSICS (FIS 05)	9 CFU
I s FISICA TEORICA 1 (FIS 02)	9 CFU
II s FISICA TEORICA 2 (FIS 02)	9 CFU
I s FUNDAMENTAL INTERACTIONS (FIS 04)	9 CFU
I s RELATIVITÀ GENERALE (FIS 02)	9 CFU
Corsi in alternativa	21/30 CFU
(uno per ciascuno dei tre gruppi seguenti)	
Gruppo fisica teorica, nucleare e subnucleare	
II s CROMODINAMICA QUANTISTICA (FIS 02)	9 CFU
– EFFECTIVE FIELD THEORIES (FIS 02) (SNS)	6 CFU
I s FISICA NUCLEARE (FIS 04)	9 CFU
– STANDARD MODEL AND BEYOND (FIS 02) (SNS)	6 CFU
Gruppo fisica sperimentale	
I s ANALISI STATISTICA DEI DATI (FIS 01)	9 CFU
I s COMPUTING METHODS FOR EXPERIMENTAL PHYSICS AND DATA ANALYSIS (FIS 01)	9 CFU
I s FUNDAMENTAL INTERACTIONS LABORATORY S (FIS 01)	9 CFU
II s QUANTUM TECHNOLOGIES FOR FUNDAMENTAL INTERACTION PHYSICS (FIS 01)	9 CFU
A ASTROPHYSICS AND MULTIMESSENGER LABORATORY (FIS 01)	12 CFU
Gruppo fisica sperimentale, nucleare e subnucleare	
II s HADRON COLLIDER PHYSICS (FIS 01)	9 CFU
I s PARTICLE DARK MATTER (FIS 01)	6 CFU
II s PARTICLE PHYSICS (FIS 04)	9 CFU
II s SIMMETRIE DISCRETE (FIS 04)	6 CFU
Corsi a scelta	0/9 CFU
Si suggerisce in relazione al percorso dettagliato che si intende seguire, di valutare la possibilità di scegliere questi CFU tra i corsi indicati sopra	
Prova finale	45 CFU
Gran totale	120 CFU

PHYSICS FOR CULTURAL HERITAGE

Corsi obbligatori	27 CFU
I s COMPUTING METHODS FOR EXPERIMENTAL PHYSICS AND DATA ANALYSIS (FIS 01)	9 CFU
I s FUNDAMENTAL OF LIGHT-MATTER INTERACTION (FIS 03)	9 CFU
I s PHYSICS FOR CULTURAL HERITAGE + LABORATORY (FIS 07)	7+2 CFU
Corsi in alternativa (almeno uno per gruppo)	27/30 CFU
Uno in alternativa	
I s FISICA NUCLEARE (FIS 04)	9 CFU
I s MATERIAL OPTICAL SPECTROSCOPY (FIS 03)	6 CFU
Completamento obbligo FIS 02	
I s FISICA STATISTICA (FIS 02)	9 CFU
I s FISICA TEORICA 1 (FIS 02)	9 CFU
Completamento obbligo FIS 05	
II s ASTROFISICA GENERALE (FIS 05) (se non già sostenuto in triennale)	6 CFU
II s ASTROPARTICLE PHYSICS (FIS 05)	9 CFU
I s PLASMA PHYSICS (FIS 03/FIS 05)	9 CFU
II s STELLAR PHYSICS S (FIS 05)	6 CFU
Corsi metodologici di ambito argheologico/storico/storico-artistico:	
I s ARCHEOLOGIA DELLA PRODUZIONE (L-ANT 10)	6 CFU
I s METODOLOGIE DELLA RICERCA ARCHEOLOGICA (L-ANT 10)	6 CFU
I s METODOLOGIA DELLA RICERCA STORICO-ARTISTICA (L-ART 04)	6 CFU
I s PALEOECOLOGIA E BIOARCHEOLOGIA (L-ANT 10)	6 CFU
I s STORIA DELLE TECNICHE ARTISTICHE (L-ART 04)	6 CFU
II s STORIA E TECNICA DEL RESTAURO (L-ART 04)	6 CFU
Corsi a scelta	18/21 CFU
Tutti gli insegnamenti indicati sopra e non già inseriti nel PdS posso essere scelti in questa sezione. Inoltre tutti gli insegnamenti di ambito archeologico/storico/storico artistico a contenuto disciplinare, e tutti i relativi insegnamenti laboratoriali	
I s CHIMICA FISICA MOLECOLARE (CHIM 02)	9 CFU
I s COMPLEX SYSTEMS (FIS 03)	9 CFU
I s DIAGNOSTICA PER LO STUDIO DI OPERE D'ARTE (L-ART 04)	6 CFU
I s DISORDERED SYSTEMS OUT OF EQUILIBRIUM (FIS 03)	9 CFU
I s FUNDAMENTAL INTERACTIONS (FIS 04)	9 CFU
I s FUNDAMENTAL INTERACTIONS LABORATORY S (FIS 01)	9 CFU
I s FLUIDODYNAMICS (FIS 03) (se non già sostenuto in triennale)	6 CFU
I s PHYSICS OF BIOSYSTEMS (FIS 03)	9 CFU
I s RADIATION PROTECTION (ING-IND 20) (LM Nuclear Eng., cod. 1095I)	6 CFU
I s SIGNAL PROCESSING FOR PHYSICS (FIS 01)	6 CFU
II s ACCELERATOR PHYSICS (FIS 04)	9 CFU
II s ATOM OPTICS (FIS 03)	9 CFU
II s COMPETENZE DIGITALI PER I BENI CULTURALI (L-ANT 10)	6 CFU
II s DETECTION TECHNIQUES: FROM LAB TO SPACE (FIS 01)	9 CFU
II s DOSIMETRY (FIS 07)	6 CFU
II s ELETTRONICA E SENSORI (FIS 07)	6 CFU
II s NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE (FIS 07)	6 CFU
II s PHYSICS OF PHOTONIC DEVICES (FIS 03)	9 CFU
II s QUANTUM OPTICS AND PLASMA (FIS 03)	9 CFU
A MEDICAL PHYSICS LABORATORY (FIS 01/07)	12 CFU
A METODI NUMERICI PER LA FISICA (FIS 01)	9 CFU
A PHYSICS OF MATTER AND NANOTECHNOLOGY LABORATORY S (FIS 01)	9 CFU
Prova finale	45 CFU
Gran totale	120 CFU

Nota: Del corso [COMPUTING METHODS FOR EXPERIMENTAL PHYSICS AND DATA ANALYSIS](#)

dovrà essere effettuato il modulo “Medical Imaging”.

PHYSICS OF BIOSYSTEMS

Corsi obbligatori	18 CFU
I s FUNDAMENTAL OF LIGHT-MATTER INTERACTION (FIS 03)	9 CFU
I s PHYSICS OF BIOSYSTEMS (FIS 03)	9 CFU
Corsi in alternativa (uno per ciascuno dei gruppi seguenti)	36/39 CFU
Gruppo di astronomia e astrofisica	
II s ASTROFISICA GENERALE (FIS 05) (se non già sostenuto in triennale)	6 CFU
II s STELLAR PHYSICS S (FIS 05)	6 CFU
Gruppo di fisica sperimentale	
A BIO-SYSTEMS LAB (FIS 01/07)	15 CFU
A PHYSICS OF MATTER AND NANOTECHNOLOGY LABORATORY (FIS 01) (vedi nota)	15 CFU
Gruppo di fisica teorica	
I s FISICA STATISTICA (FIS 02)	9 CFU
I s FISICA TEORICA 1 (FIS 02)	9 CFU
Gruppo di fisica della materia	
I s DISORDERED SYSTEMS OUT OF EQUILIBRIUM (FIS 03)	9 CFU
I s INTRODUCTION TO MOLECULAR BIOPHYSICS (FIS 03)	6 CFU
Corsi a scelta	18/21 CFU
Tutti i corsi nelle scelte in alternativa possono essere scelti come corsi a scelta. Inoltre:	
I s CHIMICA FISICA MOLECOLARE (CHIM 02)	9 CFU
I s COMPLEX SYSTEMS (FIS 03)	9 CFU
I s COMPUTING METHODS FOR EXPERIMENTAL PHYSICS AND DATA ANALYSIS S (FIS 01)	6 CFU
I s INTRODUCTION TO MOLECULAR BIOPHYSICS (FIS 03)	6 CFU
I s MATERIAL OPTICAL SPECTROSCOPY (FIS 03)	6 CFU
I s SOLID STATE PHYSICS (FIS 03)	9 CFU
II s CELL BIOPHYSICS (FIS 03)	6 CFU
II s BIOPHYSICS FOR eFLASH THERAPY (FIS 07)	9 CFU
II s MEDICAL PHYSICS 2 (FIS 07)	6 CFU
II s MICROBIOROBOTICS (FIS 03)	6 CFU
II s NEUROENGINEERING (FIS03)	6 CFU
II s SPECTROSCOPY ALGORITHMS (FIS 03)	3 CFU
II s SPECTROSCOPY AND MICROSCOPY OF NANOMATERIALS (FIS 03)	6 CFU
A MEDICAL PHYSICS 1 (FIS 07)	9 CFU
A METODI NUMERICI PER LA FISICA S (FIS 01)	6 CFU
Erogati da LM in Mat. and Nanotechnology:	
I s BIOFLUIDS AND MATERIALS INTERACTIONS (ING-IND 22)	3 CFU
I s NANOMEDICINE AND REGENERATIVE MEDICINE (ING-IND 22)	6 CFU
I s MANUFACTURING OF POLYMERS AND NANOCOMPOSITES FOR BIOMEDICAL APPLICATION (ING-IND 22)	3 CFU
II s BIOMATERIALS (ING-IND 22)	6 CFU
A FUNDAMENTALS OF BIOPHYSICS AT NANOSCALE (FIS 03/07) (SNS)	9 CFU
- PHYSICS OF THE LIVING CELL (FIS 03/07) (SNS)	6 CFU
Altri CdS	
I s BIOINFORMATICA (INF 01) (LM Bio. Mol. e Cell., cod. 178EE)	3 CFU
Prova finale	45 CFU
Gran totale	120 CFU

Note: è possibile sostituire Laboratorio di Fisica della Materia e Nanotecnologie da 15 CFU con Laboratorio di Fisica della Materia e Nanotecnologie S (9 CFU) e 6 CFU di Metodi Numerici per la Fisica S (moduli “Calcoli da principi primi” e “Dinamica molecolare classica”).

Nell'ambito di alcuni possibili percorsi tematici di Fisica dei Biosistemi si suggeriscono i seguenti corsi:

- **Percorso “Biofisica”**: percorso che approfondisce processi e tecniche coinvolti nell'ambito della biofisica cellulare e molecolare. Corsi suggeriti: Bio-systems lab (15 CFU), Cell biophysics (6 CFU), Disordered systems out of equilibrium (9 CFU), Introduction to molecular biophysics (6 CFU)
- **Percorso “Active Matter”**: percorso che fornisce le basi fisiche che caratterizzano la complessità e i meccanismi alla base dei materiali “bio-ispirati”. Corsi suggeriti: Complex systems (9 CFU), Disordered systems out of equilibrium (9 CFU), Microbiorobotics (6 CFU), Physics of matter and nanotechnology laboratory (15 CFU)
- **Percorso “Biophysics for Flash (experimental)”**: percorso che fornisce le competenze fisiche di base su meccanismi e tecniche sperimentali biofisiche orientate allo studio degli effetti indotti da radioterapia Flash. Corsi suggeriti: Biophysics for eflash therapy (9 CFU), Bio-systems lab (15 CFU), Introduction to molecular biophysics (6 CFU), Medical physics 1 (9 CFU), Spectroscopy algorithms (3 CFU)
- **Percorso “Biophysics for Flash (computational)”**: percorso che fornisce le competenze fisiche di base su meccanismi e tecniche computazionali biofisiche per lo studio degli effetti indotti da radioterapia Flash. Corsi suggeriti: Biophysics for eflash therapy (9 CFU), Introduction to molecular biophysics (6 CFU), Medical physics 1 (9 CFU), Physics of matter and nanotechnology laboratory (9 CFU) + Metodi numerici della fisica S (6 CFU)

PHYSICS OF GEOFLUIDS DYNAMICS & SOLID EARTH

Corsi obbligatori	39/45 CFU
I s FISICA STATISTICA (FIS 02)	9 CFU
I s GEOPHYSICAL INSTRUMENTATION AND GEOPHYSICAL POTENTIAL FIELDS (LM Expl. and Appl. Geo., cod 337BB) (FIS03)	6 CFU
I s FLUIDODYNAMICS (FIS 03) (se non già sostenuto in triennale)	6 CFU
II s LABORATORY OF INSTRUMENTAL SEISMOLOGY (FIS 01)	9 CFU
II s MECHANICS OF GEOPHYSICAL FLUIDS (FIS 06)	6 CFU
I s ROCK PHYSICS (FIS 03) (LM Expl. and Appl. Geo., cod 346BB)	6 CFU
Corsi a scelta (almeno due tra i seguenti)	12/24 CFU
I s COMPLEX SYSTEMS (FIS 03)	9 CFU
I s FLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE (ING-IND 06) (LM Ing. Aerospaziale, codice 454II)	6 CFU
I s PLASMA PHYSICS (FIS 03/FIS 05)	9 CFU
I s SIGNAL PROCESSING FOR PHYSICS (FIS 01)	6 CFU
II s EARTHQUAKE SEISMOLOGY (GEO 11) (LM Expl. and Appl. Geo.)	6 CFU
II s OCEANOGRAFIA FISICA SU GRANDE SCALA (FIS 03/06)	9 CFU
Prova finale	45 CFU
Gran totale	120 CFU

Nota che il numero totale di CFU corrispondenti ad esami non FIS (compresi corsi obbligatori e a scelta) può essere al massimo 24.

PHYSICS OF MATTER

Un asterisco indica gli esami mutuati dal dottorato.

Corsi obbligatori	24 CFU
I s FUNDAMENTAL OF LIGHT-MATTER INTERACTION (FIS 03)	9 CFU
A PHYSICS OF MATTER AND NANOTECHNOLOGY LABORATORY (FIS 01) (vedi nota)	15 CFU
Corsi in alternativa	33/36 CFU
(uno per ciascuno dei quattro gruppi seguenti)	
Gruppo astronomia e astrofisica	
II s ASTROFISICA GENERALE (FIS 05) (se non già sostenuto in triennale)	6 CFU
II s ASTROPARTICLE PHYSICS S (FIS 05)	6 CFU
I s PLASMA PHYSICS (FIS 03/FIS 05)	9 CFU
II s STELLAR PHYSICS S (FIS 05)	6 CFU
Gruppo fisica teorica	
I s FISICA STATISTICA (FIS 02)	9 CFU
I s FISICA TEORICA 1 (FIS 02)	9 CFU
Gruppo fisica della materia 1	
I s PLASMA PHYSICS (FIS 03/FIS 05)	9 CFU
I s SOLID STATE PHYSICS (FIS 03)	9 CFU
Gruppo fisica della materia 2	
I s COMPLEX SYSTEMS (FIS 03)	9 CFU
I s DISORDERED SYSTEMS OUT OF EQUILIBRIUM (FIS 03)	9 CFU
Corsi a scelta	15/18 CFU
Si suggerisce in relazione al percorso dettagliato che si intende seguire, di scegliere questi CFU tra i corsi indicati sopra o tra i seguenti	
I s CHIMICA FISICA MOLECOLARE (CHIM 02)	9 CFU
I s COMPLEX SYSTEMS (FIS 03)	9 CFU
I s DISORDERED SYSTEMS OUT OF EQUILIBRIUM (FIS 03)	9 CFU
I s FLUIDODYNAMICS (FIS 03) (se non già sostenuto in triennale)	6 CFU
I s INTRODUCTION TO MOLECULAR BIOPHYSICS (FIS 03)	6 CFU
I s MATERIAL OPTICAL SPECTROSCOPY (FIS 03)	6 CFU
I s PHYSICS OF BIOSYSTEMS (FIS 03)	9 CFU
I s PLASMA PHYSICS (FIS 03/FIS 05)	9 CFU
I s QUANTUM COMPUTING AND TECHNOLOGIES (FIS 03)	9 CFU
I s SOLID STATE PHYSICS (FIS 03)	9 CFU
II s ATOM OPTICS (FIS 03)	9 CFU
II s CELL BIOPHYSICS (FIS 03)	6 CFU
II s CONDENSED MATTER PHYSICS (FIS 03)	9 CFU
II s DETECTION TECHNIQUES: FROM LAB TO SPACE (FIS 01)	9 CFU
II s ENTANGLEMENT: ADVANCED THEORETICAL CONCEPTS AND APPLICATIONS IN QUANTUM TECHNOLOGIES (FIS 03)	3 CFU
II s FLEXIBLE AND NANO-ELECTRONICS (FIS 03)	9 CFU
II s KINETIC THEORY OF PLASMAS (FIS 03)	6 CFU
II s NONLINEAR DYNAMICS (FIS 03)	9 CFU
II s PHYSICS OF PHOTONIC DEVICES (FIS 03)	9 CFU
II s QUANTUM LIQUIDS* (FIS 03)	9 CFU
II s QUANTUM OPTICS AND PLASMA (FIS 03)	9 CFU
II s QUANTUM TECHNOLOGIES FOR FUNDAMENTAL INTERACTION PHYSICS (FIS 01)	9 CFU
II s SPECTROSCOPY ALGORITHMS (FIS 03)	3 CFU
II s SPECTROSCOPY AND MICROSCOPY OF NANOMATERIALS (FIS 03)	6 CFU
A METODI NUMERICI PER LA FISICA (FIS 01)	9 CFU
Prova finale	45 CFU
Gran totale	120 CFU

Note: in alternativa al corso Physics of matter and nanotechnology laboratory (15 CFU) è possibile sostenere l'esame Physics of matter and nanotechnology laboratory S (9 CFU) e almeno due moduli (per 6 CFU) di Metodi Numerici per la Fisica (si suggerisce di seguire i moduli "Calcoli da principi primi" e "Dinamica molecolare classica").

PHYSICS OF THE UNIVERSE

Corsi obbligatori	39 CFU
II s ASTROPARTICLE PHYSICS (FIS 05)	9 CFU
A ASTROPHYSICS AND MULTIMESSENGER LABORATORY (FIS 01)	12 CFU
I s FISICA TEORICA 1 (FIS 02)	9 CFU
I s RELATIVITÀ GENERALE (FIS 02)	9 CFU
Corsi in alternativa	21/24/27 CFU
(uno per ciascuno dei tre gruppi seguenti)	
Gruppo astronomia e astrofisica	
II s ASTROFISICA GENERALE (FIS 05) (se non già sostenuto in triennale)	6 CFU
I s ASTROPHYSICAL PROCESSES (FIS 05)	9 CFU
II s COSMOLOGIA DEL PRIMO UNIVERSO S (FIS 05)	6 CFU
II s STELLAR PHYSICS S (FIS 05)	6 CFU
Gruppo fisica della materia, fisica nucleare e subnucleare	
II s COMPACT STAR PHYSICS S (FIS 04)	6 CFU
I s FUNDAMENTAL OF LIGHT-MATTER INTERACTION (FIS 03)	9 CFU
Gruppo fisica sperimentale	
I s ANALISI STATISTICA DEI DATI (FIS 01)	9 CFU
II s GRAVITATIONAL WAVE PHYSICS (FIS 01)	9 CFU
A METODI NUMERICI PER LA FISICA (FIS 01)	9 CFU
II s QUANTUM TECHNOLOGIES FOR FUNDAMENTAL INTERACTION PHYSICS (FIS 01)	9 CFU
Corsi a scelta	12/15 CFU
I s ADVANCED TECHNOLOGIES FOR GROUND-BASED ASTROPHYSICS: FROM MICROWAVES TO VISIBLE LIGHT (FIS 05)	6 CFU
I s EXPERIMENTAL METHODOLOGIES FOR ASTROPARTICLE PHYSICS (FIS 01)	9 CFU
I s FUNDAMENTAL INTERACTIONS (FIS 04)	9 CFU
I s FUNDAMENTAL INTERACTIONS LABORATORY S (FIS 01)	9 CFU
I s INTRODUCTION TO NEUTRINO PHYSICS (FIS 04)	3 CFU
I s MULTIMESSENGER AND HIGH-ENERGY ASTROPHYSICS (FIS 01)	6 CFU
I s PARTICLE DARK MATTER (FIS 01)	6 CFU
I s PHYSICS OF STAR FORMATION (FIS 05)	6 CFU
I s PLASMA PHYSICS (FIS 03/FIS 05)	9 CFU
II s COMPACT STAR PHYSICS S (FIS 04)	6 CFU
II s COSMOLOGIA DEL PRIMO UNIVERSO (FIS 05)	9 CFU
II s DETECTION TECHNIQUES: FROM LAB TO SPACE (FIS 01)	9 CFU
II s EXTRAGALACTIC ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY (FIS 05)	9 CFU
II s FISICA TEORICA 2 (FIS 02)	9 CFU
II s GRAVITATIONAL WAVE PHYSICS (FIS 01)	9 CFU
II s GRAVITATIONAL WAVE PHYSICS S (FIS 01)	6 CFU
II s TEORIE DELLA GRAVITAZIONE (FIS 02)	9 CFU
II s TEORIE DELLA GRAVITAZIONE S (FIS 02)	6 CFU
Prova finale	45 CFU
Gran totale	120 CFU

Note: Nell'ambito di alcuni possibili percorsi tematici di Fisica dell'Universo si suggeriscono i seguenti corsi fra quelli a scelta:

- Percorso Onde Gravitazionali e Oggetti compatti: Compact star physics S (6 CFU), Gravitational wave physics (6 o 9 CFU), Teorie della Gravitazione (6 o 9 CFU)
- Percorso Cosmologia e Materia oscura: Cosmologia del primo universo (9 CFU), Extragalactic astrophysics and cosmology (9 CFU), Particle dark matter (6 CFU)

PLASMA PHYSICS

Corsi obbligatori	42/48 CFU
I s FISICA STATISTICA (FIS 02)	9 CFU
I s FUNDAMENTAL OF LIGHT-MATTER INTERACTION (FIS 03)	9 CFU
I s FLUIDODYNAMICS (FIS 03) (se non già sostenuto in triennale)	6 CFU
A METODI NUMERICI PER LA FISICA S (FIS 01)	6 CFU
A PHYSICS OF MATTER AND NANOTECHNOLOGY LABORATORY S (FIS 01)	9 CFU
I s PLASMA PHYSICS (FIS 03/FIS 05)	9 CFU
Almeno due tra i seguenti	12/18 CFU
I s COMPLEX SYSTEMS (FIS 03)	9 CFU
I s FLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE (ING-IND 06) (LM Ing. Aerospaziale, codice 454II)	6 CFU
II s KINETIC THEORY OF PLASMAS (FIS 03)	6 CFU
II s MECHANICS OF GEOPHYSICAL FLUIDS (FIS 06)	6 CFU
Insegnamenti a scelta	9/21 CFU
I s ANALISI STATISTICA DEI DATI (FIS 01)	9 CFU
I s COMPUTING METHODS FOR EXPERIMENTAL PHYSICS AND DATA ANALYSIS S (FIS 01)	9 CFU
I s DISORDERED SYSTEMS OUT OF EQUILIBRIUM (FIS 03)	9 CFU
I s FISICA TEORICA 1 (FIS 02)	9 CFU
I s INTRODUCTION TO MOLECULAR BIOPHYSICS (FIS 03)	6 CFU
I s MACHINE LEARNING (INF 01) (LM Inf., 654AA)	9 CFU
I s PHYSICS OF BIOSYSTEMS (FIS 03)	9 CFU
I s QUANTUM COMPUTING AND TECHNOLOGIES (FIS 03)	9 CFU
I s SOLID STATE PHYSICS (FIS 03)	9 CFU
II s ASTROFISICA GENERALE (FIS 05) (se non già sostenuto in triennale)	6 CFU
II s ATOM OPTICS (FIS 03)	9 CFU
II s COMPLEX SYSTEMS - NEURAL DYNAMICS (FIS 03)	9 CFU
II s CONDENSED MATTER PHYSICS (FIS 03)	9 CFU
II s NONLINEAR DYNAMICS (FIS 03)	9 CFU
II s OCEANOGRAFIA FISICA SU GRANDE SCALA (FIS 03/06)	9 CFU
II s QUANTUM OPTICS AND PLASMA (FIS 03)	9 CFU
II s QUANTUM THERMODYNAMICS (FIS 03)	6 CFU
II s STELLAR PHYSICS S (FIS 05)	6 CFU
– STATISTICAL AND MACHINE LEARNING MODELS FOR TIME SERIES ANALYSIS (SNS)	6 CFU
Prova finale	45 CFU
Gran totale	120 CFU

QUANTUM COMPUTING AND TECHNOLOGIES

Un asterisco indica gli esami mutuati dal dottorato.

Corsi obbligatori	18 CFU
I s FISICA STATISTICA (FIS 02)	9 CFU
I s QUANTUM COMPUTING AND TECHNOLOGIES (FIS 03)	9 CFU
Corsi in alternativa (almeno uno per ciascuno dei tre gruppi seguenti)	24 CFU
Gruppo astronomia e astrofisica	
II s ASTROFISICA GENERALE (FIS 05) (se non già sostenuto in triennale)	6 CFU
I s PLASMA PHYSICS (FIS 03/FIS 05)	9 CFU
Gruppo fisica della materia	
I s FUNDAMENTAL OF LIGHT-MATTER INTERACTION (FIS 03)	9 CFU
I s SOLID STATE PHYSICS (FIS 03)	9 CFU
Gruppo fisica sperimentale	
I s ANALISI STATISTICA DEI DATI (FIS 01)	9 CFU
A METODI NUMERICI PER LA FISICA (FIS 01)	9 CFU
A PHYSICS OF MATTER AND NANOTECHNOLOGY LABORATORY S (FIS 01)	9 CFU
Corsi a scelta	33 CFU
Tutti i corsi nelle scelte in alternativa possono essere usati come corsi a scelta. Inoltre:	
I s CHIMICA FISICA MOLECOLARE (CHIM 02)	9 CFU
I s FISICA TEORICA 1 (FIS 02)	9 CFU
II s ATOM OPTICS (FIS 03)	9 CFU
II s CONDENSED MATTER PHYSICS (FIS 03)	9 CFU
II s DETECTION TECHNIQUES: FROM LAB TO SPACE (FIS 01)	9 CFU
II s ENTANGLEMENT: ADVANCED THEORETICAL CONCEPTS AND APPLICATIONS IN QUANTUM TECHNOLOGIES (FIS 03)	3 CFU
II s FISICA TEORICA 2 (FIS 02)	9 CFU
II s MATERIALS AND DEVICES FOR NANOSCALE ELECTRONICS (ING-INF 01) (LM Mat and Nano)	9 CFU
II s PHYSICS OF PHOTONIC DEVICES (FIS 03)	9 CFU
II s QUANTUM LIQUIDS* (FIS 03)	9 CFU
II s QUANTUM MACHINE LEARNING (FIS 03)	3 CFU
– METHODS IN QUANTUM TECHNOLOGIES: THEORY AND APPLICATIONS (FIS 03) (SNS)	6 CFU
Prova finale	45 CFU
Gran totale	120 CFU

THEORY OF QUANTUM MATERIALS

Un asterisco indica gli esami mutuati dal dottorato.

Corsi obbligatori	33 CFU
I s FISICA STATISTICA (FIS 02)	9 CFU
I s FISICA TEORICA 1 (FIS 02)	9 CFU
A METODI NUMERICI PER LA FISICA S (FIS 01)	6 CFU
I s SOLID STATE PHYSICS (FIS 03)	9 CFU
Corsi in alternativa	15/18 CFU
(uno per ciascuno dei due gruppi seguenti):	
Astronomia e astrofisica	
II s ASTROFISICA GENERALE (FIS 05) (se non già sostenuto in triennale)	6 CFU
I s PLASMA PHYSICS (FIS 03/FIS 05)	9 CFU
II s STELLAR PHYSICS S (FIS 05)	6 CFU
Fisica della materia	
II s CONDENSED MATTER PHYSICS (FIS 03)	9 CFU
II s QUANTUM LIQUIDS* (FIS 03)	9 CFU
Corsi a scelta	almeno 24 CFU
I s COMPLEX SYSTEMS (FIS 03)	9 CFU
I s FLUIDODYNAMICS (FIS 03) (se non già sostenuto in triennale)	6 CFU
I s QUANTUM COMPUTING AND TECHNOLOGIES (FIS 03)	9 CFU
II s CONDENSED MATTER PHYSICS (FIS 03)	9 CFU
II s DETECTION TECHNIQUES: FROM LAB TO SPACE (FIS 01)	9 CFU
II s ENTANGLEMENT: ADVANCED THEORETICAL CONCEPTS AND APPLICATIONS IN QUANTUM TECHNOLOGIES (FIS 03)	3 CFU
II s FISICA TEORICA 2 (FIS 02)	9 CFU
II s FLEXIBLE AND NANO-ELECTRONICS (FIS 03)	9 CFU
II s QUANTUM LIQUIDS* (FIS 03)	9 CFU
II s QUANTUM TECHNOLOGIES FOR FUNDAMENTAL INTERACTION PHYSICS (FIS 01)	9 CFU
II s QUANTUM THERMODYNAMICS (FIS 03)	6 CFU
– METHODS IN QUANTUM TECHNOLOGIES: THEORY AND APPLICATIONS (FIS 03) (SNS)	6 CFU
Prova finale	45 CFU
Gran totale	120 CFU

Note: del corso Metodi numerici per la fisica S dovranno essere svolti i moduli “Calcoli da principi primi” e “Dinamica molecolare classica”. È possibile anche scegliere Metodi numerici per la fisica da 9 CFU, aggiungendo in questo caso un ulteriore modulo ai due obbligatori.

LIBERO

In un PdS libero si devono avere almeno 6 CFU di insegnamenti nei settori: FIS01, FIS02, FIS03 o FIS04 e FIS05. Inoltre si deve sottostare ad alcuni vincoli molto generali in termini di CFU relativi a corsi caratterizzanti e corsi affini integrativi, nonché comprendere 45 CFU per la prova finale.

Il modo più semplice di comporre un PdS libero è partire da uno dei PdS suggeriti, sostituendo alcuni degli esami con altri, per ottenere un PdS che soddisfi i requisiti amministrativi e componga un percorso completo e coerente.

Quando si sottomette un PdS libero è richiesto di motivare la scelta con un commento in CAPS. L'approvazione del PdSI si baserà sull'adeguatezza del percorso formativo proposto che dovrà consistere di un insieme di insegnamenti che non solo rispettino le regole generali ma che formino un percorso completo e coerente. In particolare assicurarsi di rispettare propedeuticità ed assicurarsi di non avere insegnamenti con programmi ridondanti.