

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
SCUOLA DI
SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI

REGOLAMENTO DIDATTICO
DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA

Università	Università degli Studi di GENOVA
Classe	LM-17 Classe delle lauree magistrali in FISICA
Nome del corso	FISICA
Sito Web del corso di Laurea Magistrale	https://corsi.unige.it/11908
Dipartimento di riferimento del corso	DIFI – Dipartimento di Fisica
Scuola di riferimento del corso	SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI
Sede amministrativa del corso	Via Dodecaneso 33, I-16146, GENOVA (GE)

Art. 1 - Premessa e ambito di competenza

Il presente Regolamento Didattico (RD), in conformità allo Statuto e al Regolamento Didattico di Ateneo (RDA) e alle altre leggi in materia, disciplina l'attività didattica del Corso di Laurea Magistrale in Fisica (Classe LM-17: Fisica), nonché ogni diversa materia ad esso devoluta da altre fonti legislative e regolamentari.

Il Corso di Laurea Magistrale in Fisica ex DM 270/2004 è regolato dalla seguente normativa:
Ordinamento Didattico del Corso di Laurea Magistrale in Fisica (ODCL);
Nuovo Statuto di Ateneo (ex legge 240/2010) e successive modificazioni (Statuto);
Regolamento Didattico di Ateneo (RDA), in vigore pro-tempore;
Regolamento Didattico della Scuola di Scienze MFN (RDS), in vigore pro-tempore.

Il presente RD si applica alla coorte di studenti **AA 2026/2027** e successive.

È facoltà dello studente presentare al Consiglio dei Corsi di Studio in Fisica (CCS) richiesta motivata di passaggio ad un RD di una coorte di studenti successiva a quella dell'anno della sua prima immatricolazione, purché il Piano di Studi complessivo proposto sia in accordo con l'Ordinamento Didattico.

Art. 2 - Requisiti di ammissione e modalità di verifica

Possono iscriversi al Corso di Laurea Magistrale in Fisica ex DM 270/04 coloro che sono in possesso di uno dei seguenti titoli di studio:

- Laurea in fisica conseguita in Italia ex DM 509/99;
- Laurea in fisica conseguita in Italia ex DM 270/04;
- coloro che sono in possesso di laurea, ex DM 509/99 o ex DM 270/04, oppure di laurea specialistica, magistrale, laurea a ciclo unico ex DM 509 o ex DM 270/04 oppure di laurea secondo i vecchi ordinamenti (ordinamenti non ancora riformulati ai sensi del DM 509/99) oppure altro titolo conseguito all'estero, riconosciuto idoneo in base alla normativa vigente, a seguito di accettazione della domanda di iscrizione da parte del CCS, con eventuale indicazione della carriera-ponte da sostenere.

Il diploma di laurea in Fisica di cui agli ordinamenti non ancora riformulati ai sensi del DM 509/99, conferito dalle università statali e da quelle non statali riconosciute per rilasciare titoli aventi valore legale, è equipollente alla Laurea specialistica in Fisica, ex DM 509/99, classe 20S e alla laurea magistrale in Fisica, ex DM 270/04, classe LM-17 (Decreto Interministeriale 9 luglio 2009, GU 7 ottobre 2009, n. 233).

Per gli studenti della laurea in Fisica, ex DM 270/04, presso l'Ateneo di Genova, è possibile l'iscrizione con riserva, purché la laurea venga comunque conseguita entro i termini stabiliti dall'Ateneo.

È inoltre necessario possedere i requisiti curriculari minimi di accesso e un'adeguata preparazione individuale, al fine di poter seguire con profitto gli studi, come richiesto dalla legge (Art. 6, comma 2, del DM 270/04).

A tal fine sono richieste conoscenze e capacità di applicazione dei concetti di base delle seguenti discipline: algebra, geometria, analisi matematica, fisica classica, laboratorio di fisica generale, fisica moderna (fisica relativistica e quantistica), microfisica, fisica della materia, chimica e informatica.

Il possesso di tali conoscenze e competenze sarà verificato attraverso le procedure indicate nel seguito.

Coloro che intendono richiedere l'ammissione devono inviare la documentazione richiesta nelle forme, nei tempi e nei modi stabiliti dalla Scuola di Scienze MFN al fine di permettere la valutazione dei requisiti curriculari e dell'adeguata preparazione.

Tutti gli studenti con titolo di studio conseguito all'estero saranno sottoposti ad una specifica prova di conoscenza di lingua italiana. Il mancato superamento comporta l'attribuzione di attività formative integrative.

2.1 Requisiti Curriculari

I requisiti curriculari sono considerati soddisfatti se e solo se il candidato ha acquisto i seguenti Crediti Formativi Universitari (CFU) nei Settori Scientifico-Disciplinari (SSD) sottoindicati:

- più di 30 CFU nell'ambito delle discipline matematiche di base (SSD: MAT/02; MAT/03; MAT/05);
- più di 60 CFU nell'ambito del SSD FIS/01;
- più di 20 CFU nell'ambito del SSD FIS/02;
- più di 10 CFU, complessivamente, nell'ambito dei SSD FIS/03 e FIS/04;
- ovvero requisiti curriculari equivalenti certificati dal CCS.

Qualora i CFU siano stati acquisiti da più di 10 anni, il CCS delibererà sull'eventuale obsolescenza dei contenuti.

Le seguenti lauree ottenute presso l'Università di Genova automaticamente soddisfano i suddetti requisiti curriculari:

- Fisica, classe L25 - Scienze e Tecnologie Fisiche (ex DM 509/99) (curriculum Generale);
- Fisica, classe L30 - Scienze e Tecnologie Fisiche (ex DM 270/04) (curriculum Generale).

Qualora il candidato non sia in possesso degli specifici requisiti curriculari potrà eventualmente frequentare singoli insegnamenti e sostenere con esito positivo il relativo accertamento prima dell'iscrizione alla Laurea Magistrale.

Nel caso di lauree italiane ottenute con ordinamenti che non prevedono CFU o di titoli di studio ottenuti all'estero, il CCS attribuirà a ciascuna attività formativa acquisita un SSD ed un numero di CFU. I CFU possono essere stati ottenuti anche attraverso la frequenza di più corsi di studio o mediante iscrizione a singoli insegnamenti.

2.2 Verifica della preparazione individuale

Tutte le domande che soddisfano i suddetti requisiti curriculari saranno esaminate per la verifica della preparazione individuale.

La preparazione individuale è considerata sufficiente per tutti gli studenti laureati presso l'Università di Genova in:

- Fisica, classe L25 - Scienze e Tecnologie Fisiche (ex DM 509/99) (curriculum Generale);
- Fisica, classe L30 - Scienze e Tecnologie Fisiche (ex DM 270/04) con voto di Laurea Triennale maggiore o uguale a 95/110.

Negli altri casi l'accertamento di una preparazione individuale adeguata viene stabilito dal CCS, tenendo conto di:

- curriculum vitae et studiorum pregresso;
- programmi dei corsi e votazioni degli esami nei settori FIS/xx e MAT/xx;

- eventuale verifica attraverso prova scritta e/o colloquio orale.

L'esito della verifica può essere uno dei seguenti:

- ammissione incondizionata alla LM;
- ammissione alla LM condizionata alla presentazione di un PdS personalizzato, finalizzato al recupero di eventuali conoscenze mancanti;
- non ammissione alla LM, con indicazione delle specifiche carenze che devono essere sanate prima di ottenere l'ammissione (carriera-ponte).

Le modalità della verifica saranno comunicate ai candidati.

2.3 Altre norme

Le modalità per l'iscrizione sono rese pubbliche ogni anno attraverso la pagina Web del corso di studi. Non sono previsti vincoli per l'iscrizione al secondo anno.

Eventuali casistiche non esplicitamente previste sono sottoposte alla valutazione del CCS.

Art. 3 - Attività formative

Come previsto da Statuto ed RDA, per il pieno raggiungimento degli obiettivi formativi del Corso di Laurea Magistrale, il CCS coordina i contenuti delle attività formative e sovrintende al loro svolgimento, promuove il coordinamento dei docenti nella relativa conduzione e valuta i risultati delle attività stesse e intraprende eventuali azioni correttive.

Il CCS valuta, almeno ogni tre anni, l'opportunità di avviare una procedura di revisione del regolamento didattico del corso di studio con particolare riguardo al numero dei CFU assegnati ad ogni attività formativa e al coordinamento dei corsi e ai loro contenuti.

Al Credito Formativo Universitario (CFU) corrispondono 25 ore di lavoro complessivo dello studente comprendenti lezioni, esercitazioni in aula, attività di laboratorio e lavoro individuale.

Il tempo riservato alle lezioni frontali delle attività formative è pari a circa i 1/3 del totale. Il tempo riservato alle esercitazioni è pari a circa 1/2 del totale.

Il tempo riservato alle attività di laboratorio, considerato il loro contenuto sperimentale e pratico, può essere aumentato fino a 25 ore/CFU.

3.1 Manifesto degli Studi

Il Manifesto degli Studi, in coerenza e attuazione del presente RD, regola, anno per anno, tutti gli aspetti organizzativi del corso di studi validi per l'Anno Accademico, inclusi gli eventuali percorsi formativi consigliati nei diversi curricula che portano alla approvazione automatica del PdS. Inoltre, presenta, anno per anno il quadro degli insegnamenti attivati e/o attivabili, con le modalità definite dal manifesto stesso.

Il Manifesto degli Studi regola anche le modalità di attivazione degli insegnamenti curriculari/opzionali offerti, definendo le condizioni per l'attivazione dell'insegnamento, e prevedendo, in particolare, il numero minimo di studenti necessario per attivare l'insegnamento medesimo, secondo le modalità previste dal Manifesto degli Studi.

3.2 Attività formative

L'elenco di tutte le attività formative è riportato nella parte tabellare del presente Regolamento.

Si intende per *corso opzionale*, un insegnamento che lo studente può scegliere entro una lista di corsi. Si intende per *corso a scelta*, un insegnamento che può essere scelto liberamente dallo studente.

Il Manifesto degli Studi riporta, anno per anno, l'elenco completo delle attività formative non obbligatorie offerte per quell'Anno Accademico. Non può essere garantita l'attivazione di tutte le attività formative non obbligatorie riportate nella parte tabellare del presente Regolamento in tutti gli Anni Accademici. Viceversa, nuove attività formative non obbligatorie potrebbero essere offerte agli studenti, previa integrazione delle Tabelle di questo RD e approvazione dell'integrazione da parte degli organi competenti.

L'elenco di tutte le attività formative obbligatorie e opzionali è riportato in Appendice A.

I corsi opzionali della Laurea Magistrale potranno essere inseriti nel PdS indifferentemente al primo o al secondo anno, a meno che l'anno di frequenza non sia esplicitamente stabilito dal Manifesto degli Studi.

Gli insegnamenti sono generalmente erogati in lingua italiana, tuttavia, in linea con i criteri di internazionalizzazione dell'Ateneo, viene inoltre garantita l'offerta di almeno 30 CFU erogati in lingua inglese, tra cui insegnamenti quali *Astrophysics and Computational Cosmology*, *Multi-Frequency and Multi-Messenger Astrophysics*, *Observational Cosmology*, *Physics of Cosmic Structures* e *Machine Learning for Physicists*. Inoltre, tutti gli insegnamenti della Laurea Magistrale possono essere erogati in lingua inglese su richiesta degli studenti iscritti al programma Erasmus o al percorso internazionale di cui all'articolo 4.

Per il conseguimento della Laurea Magistrale, lo studente deve possedere una competenza minima di conoscenza della lingua inglese corrispondente al livello B2. Per acquisire i crediti associati alla conoscenza della lingua inglese, lo studente deve superare la prova d'esame organizzata dal settore sviluppo competenze linguistiche. Il superamento del test comporta l'acquisizione di 3 CFU (2 CFU per gli studenti che hanno scelto il percorso internazionale, di cui sotto) di attività formative dedicati a ulteriori conoscenze linguistiche (altre attività). In caso di mancato superamento, lo studente dovrà acquisire 3 CFU (2 CFU) di attività formative dedicati a ulteriori conoscenze linguistiche (altre attività) durante il percorso formativo. Lo studente in possesso di certificazione in originale per il livello B2, o superiore, acquisita presso un ente o istituto accreditati può chiedere all'apposita commissione il riconoscimento dei crediti previsti senza sostenere l'esame. L'elenco dei certificati riconosciuti equipollenti è stabilito dalla Scuola e da essa periodicamente aggiornato. I termini di validità della certificazione sono definiti sul sito web di Ateneo.

3.3 Propedeuticità

Al fine di favorire e razionalizzare il percorso formativo dello studente, aiutandolo e guidandolo nelle sue scelte, e per incentivare una proficua frequenza dei corsi, il Regolamento Didattico identifica alcune propedeuticità tra i vari insegnamenti.

Nella parte tabellare del presente Regolamento sono indicati gli insegnamenti propedeutici a ciascun insegnamento.

All'atto della presentazione ad una qualunque prova di esame, lo studente stesso autocertifica implicitamente, a suo carico ed esclusiva responsabilità, di essere in regola con le propedeuticità di quell'insegnamento. In ogni caso lo studente, durante le prove di esame, è tenuto ad avere con sé un documento per l'identificazione e per ogni eventuale controllo da parte dei docenti.

Art. 4 – Indirizzi

Il Corso di Laurea Magistrale in Fisica, per facilitare la scelta di un percorso formativo coerente, è articolato in sei indirizzi denominati:

- Astrofisica e Cosmologia
- Fisica Applicata
- Fisica della Materia
- Fisica delle Interazioni Fondamentali
- Fisica Teorica
- Internazionale

La scelta dell'indirizzo è fatta dagli studenti, prima dell'inizio dei corsi del primo anno, con le modalità e nelle tempistiche definite nel Manifesto degli Studi.

Ciascun percorso presuppone le conoscenze e le competenze tipicamente acquisibili in un corso di Laurea in fisica e fornisce una formazione avanzata e specialistica in uno specifico settore della fisica.

L'indirizzo internazionale è regolato dalla Convenzione stipulata tra l'Università di Aix-Marseille e quella di Genova e porta al conseguimento del doppio titolo di Laurea Magistrale in Fisica e Master Physique fondamentale et applications, parcours Physique. L'ammissione al percorso internazionale è limitata a cinque studenti per coorte per ciascun ateneo, selezionati da un'apposita commissione congiunta franco-italiana, sulla base delle carriere accademiche dei candidati. La selezione avviene nel mese di ottobre del primo anno di corso, come dettagliato in appendice D.

Il percorso internazionale prevede che almeno un semestre, ad eccezione del secondo semestre del secondo anno, venga trascorso nell'Università partner. A questo periodo può essere aggiunta l'attività di tesi, da svolgersi durante il secondo semestre del secondo anno.

I dettagli dell'organizzazione di ciascun indirizzo sono riportati in Appendice B.

Art. 5 – Piani di Studio

Tutti gli studenti sono tenuti a presentare annualmente un PdS, entro i termini e le modalità rese note nel Manifesto degli Studi, con l'indicazione dei corsi che intendono scegliere secondo le regole che seguono:

- l'ammontare complessivo annuale di CFU previsti nel PdS non può comunque superare i 75 CFU.
- gli studenti del percorso internazionale devono inserire nel PdS obbligatoriamente 30 CFU nel semestre di mobilità.

Lo studente che, nella formulazione del PdS, segue il quadro previsto da questo Regolamento e le indicazioni del Manifesto degli Studi, presenta un PdS ad approvazione automatica.

È facoltà dello studente proporre un PdS in deroga a quanto indicato nel presente Regolamento Didattico e nel Manifesto degli Studi. In tal caso si applica quanto previsto dallo RDA: il PdS individuale non conforme allo RD e/o al Manifesto degli Studi, ma conforme all'ordinamento didattico, viene sottoposto per approvazione al CCS che lo valuta in funzione degli obiettivi dichiarati e della coerenza del percorso formativo.

Nel PdS non sono ammessi in nessun caso insegnamenti distinti che presentino rilevanti sovrapposizioni nei contenuti né insegnamenti che presentino rilevanti sovrapposizioni con i contenuti di insegnamenti già seguiti dallo studente.

Qualora un'attività formativa risulti significativamente modificata, in un certo Anno Accademico, rispetto all'attività formativa relativa all'anno di inserimento nel PdS da parte dello studente, il CCS indicherà allo studente:

- le modalità di soddisfacimento degli obblighi previsti dal suo PdS;
- ovvero le eventuali opportune modifiche del suo PdS per il soddisfacimento degli obblighi previsti;
- ovvero, indicherà la possibile ri-formulazione del PdS.

Prima dell'inizio del primo anno lo studente è necessariamente tenuto ad effettuare la scelta dell'indirizzo che intende seguire e delle relative attività formative proposte annualmente nel Manifesto degli Studi, secondo quanto indicato nel Manifesto degli Studi stesso.

Art. 6 – Frequenza e modalità di svolgimento delle attività didattiche

6.1 Calendario di lezioni ed esami

Le lezioni si svolgono in due periodi didattici della durata di almeno 10 settimane ciascuno, convenzionalmente chiamati semestri. Tali periodi didattici, di norma, sono compresi, rispettivamente:

- tra il 10 settembre e il 31 gennaio (primo semestre);
- tra il 1° febbraio e il 20 giugno (secondo semestre).

Tra i due semestri c'è un intervallo di almeno quattro settimane per lo svolgimento degli esami (sessione invernale). La sessione estiva degli esami va dal termine delle lezioni al 31 luglio.

La sessione di settembre degli esami va dal 1° settembre all'inizio delle lezioni del successivo anno di corso.

Il calendario delle lezioni, per ogni Anno Accademico, è reso noto con il Manifesto degli Studi.

L'orario delle lezioni, per ogni Anno Accademico, è reso pubblico prima dell'inizio dei corsi.

Il calendario degli esami, per ogni Anno Accademico, è reso noto entro il 30 novembre.

Per tutti gli insegnamenti sono previsti almeno cinque appelli di esame per anno solare; le prove parziali, qualora permettano l'esonero dalla prova finale d'esame, vanno considerate come un appello. Eventuali appelli aggiuntivi possono essere concessi su motivata richiesta degli studenti.

Uno degli appelli di esame deve necessariamente aver luogo nella sessione di settembre.

Per gli insegnamenti che sono propedeutici ad altri insegnamenti due dei cinque appelli devono necessariamente aver luogo nella sessione invernale.

In ottemperanza all'Art. 29 del RDA, sono consentite prove di esame durante il periodo delle lezioni soltanto per gli studenti che, nell'anno accademico in corso, non abbiano inserito insegnamenti da frequentare nel proprio PdS.

Durante il periodo trascorso all'estero, gli studenti del percorso internazionale rispettano il calendario accademico dell'Università partner.

6.2 Frequenza

La frequenza alle lezioni in aula, pur non formalmente obbligatoria, è fortemente consigliata.

La partecipazione alle attività di laboratorio è necessaria per ottenere l'ammissione alla rispettiva prova d'esame.

Per gli studenti lavoratori e diversamente abili saranno favoriti accordi con i docenti degli insegnamenti di laboratorio per rendere loro possibile la partecipazione alle attività di laboratorio, tenendo conto delle individuali esigenze particolari.

Durante il periodo trascorso all'estero, gli studenti del percorso internazionale sono tenuti a seguire le regole dell'Università partner in termini di frequenza dei corsi.

Art. 7 - Esami e altre verifiche del profitto

7.1 Modalità d'esame

Le attività formative che consentono l'acquisizione di CFU comportano sempre una valutazione finale, che può avvenire a seguito di una prova scritta e/o orale e/o pratica di laboratorio.

Le modalità d'esame e di accertamento delle conoscenze acquisite sono riportate nelle schede insegnamento; queste vengono illustrate dai docenti titolari di un insegnamento all'inizio delle lezioni.

Agli studenti disabili e agli studenti con disturbi specifici dell'apprendimento (DSA), previa richiesta esplicita inoltrata attraverso i referenti della Scuola per gli studenti disabili e DSA, sono consentite prove equipollenti e tempi più lunghi per l'effettuazione delle prove scritte. Gli studenti disabili svolgono gli esami con l'uso degli ausili loro necessari ed eventualmente con la presenza di assistenti, verificati e approvati dall'Ateneo, per l'autonomia e/o la comunicazione in relazione al grado e alla tipologia della loro disabilità.

Le commissioni di esame di profitto sono costituite da almeno due membri e sono presiedute, di norma, dal docente titolare del corso. Sono nominate dal Direttore del Dipartimento di Fisica o, su sua delega, dal Coordinatore del CCS. Possono anche essere componenti della commissione d'esame cultori della materia individuati dal CCS sulla base di criteri prestabiliti che assicurino il possesso di requisiti scientifici, didattici o professionali.

Qualora l'esame sia relativo a una pluralità di insegnamenti, ovvero a un insegnamento articolato in moduli, tutti i docenti responsabili di tali insegnamenti o moduli partecipano alla valutazione collegiale complessiva del profitto dello studente con modalità tali da tenere conto, in ogni caso, del numero di CFU attribuiti a ciascun insegnamento.

Per quanto non esplicitamente previsto nel presente regolamento si rimanda al RDA.

Gli studenti del percorso internazionale sostengono gli esami relativi agli insegnamenti seguiti all'estero presso l'Università partner, secondo le modalità stabilite dalla stessa. Il riconoscimento degli esami superati avviene al rientro in Italia, secondo le modalità stabilite nella Convenzione.

7.2 Altre attività formative (tirocinio formativo, corsi a scelta dello studente)

Per altra attività formativa deve intendersi un'attività, coerente con il PdS dello studente, svolta in sede o fuori sede (tirocinio o stage) presso industrie, laboratori, università o altri istituti di ricerca esterni. È possibile inserire nel PdS 6 CFU di attività di stage.

Ogni attività deve essere effettuata sotto la supervisione e responsabilità di un docente del Dipartimento di Fisica (supervisore) e sotto la guida di un responsabile esterno che offre l'attività di formazione (tutore).

L'attività potrà essere inserita nel PdS come *corso a scelta dello studente* e accreditata a condizione che la commissione di valutazione dia parere favorevole in base al lavoro svolto e ai risultati ottenuti.

La valutazione è fatta sulla base di una relazione scritta, integrata da una discussione orale sull'attività svolta e su argomenti connessi. Il tutore ed il supervisore sono invitati a partecipare ai lavori della commissione di valutazione o, in alternativa, ad inviare un giudizio sull'attività svolta.

Art. 8 – Riconoscimento dei CFU

Il CCS valuta, caso per caso, il riconoscimento totale o parziale dei CFU acquisiti in altro Corso di Laurea o Laurea Magistrale, anche estero, nonché il riconoscimento quale CFU di conoscenze e abilità professionali, certificate ai sensi della normativa vigente.

Per quanto non esplicitamente previsto nel presente regolamento si rimanda al RDA.

Art. 9 – Mobilità e studi compiuti all'estero

Ai fini della mobilità studentesca e del riconoscimento di studi compiuti all'estero il CCS (previo esame da parte delle specifiche Commissioni referenti) provvederà caso per caso alla valutazione ed approvazione dei progetti degli studenti. Il CCS incoraggia gli studenti a compiere parte degli studi all'estero, specialmente nel quadro di convenzioni internazionali (come ERASMUS). Condizione necessaria per il riconoscimento di studi compiuti all'estero è una delibera preventiva del CCS, formulata sulla base di una documentazione che sia in grado di comprovare le caratteristiche delle attività formative previste all'estero. Al termine del periodo di permanenza all'estero e sulla base delle certificazioni esibite il CCS si esprime sulla possibilità di riconoscere in tutto o in parte le attività formative svolte, facendo riferimento alla congruità complessiva delle attività proposte, valutando il PdS individuale dello studente anche in assenza di una precisa corrispondenza con le singole attività formative previste dal Corso di Studio.

Per quanto non esplicitamente previsto nel presente regolamento si rimanda al RDA.

Art. 10 – Prova finale

Per l'ammissione alla prova finale, lo studente deve aver acquisito tutti i CFU corrispondenti a tutte le altre attività formative previste dal suo PdS.

La prova finale consiste in un lavoro originale dello studente effettuato sotto la guida e la responsabilità di un relatore e riassunto in un elaborato scritto.

Tale elaborato viene presentato ad un'apposita commissione di laurea composta da almeno cinque membri, secondo quanto stabilito dal RDA.

Il voto finale di Laurea Magistrale viene espresso in cento-decimi con eventuale lode e comprende una valutazione globale del curriculum del laureando. È determinato a partire dalle votazioni ottenute nelle attività formative superate dallo studente, con esclusione della prova finale, e tiene conto dei seguenti ulteriori elementi: valutazione riportata nella prova finale; valutazione del curriculum con riferimento anche al tempo impiegato per conseguire il titolo, al fine di incentivare la partecipazione attiva ai corsi e favorire la regolarità del ritmo di studio; periodo di studio all'estero.

Le modalità operative e le regole per la determinazione del voto finale sono oggetto di apposito Regolamento, il Regolamento di Voto di Laurea Magistrale allegato in appendice C.

Per gli indirizzi tradizionali, il lavoro di tesi corrisponde a 45 CFU. Su richiesta preventiva dello studente, la Commissione di Laurea può autorizzare a scrivere l'elaborato in lingua diversa dalla lingua italiana. La Commissione di Laurea può altresì, su richiesta motivata dello studente, autorizzare modalità particolari di presentazione della relazione finale nei limiti imposti dalle normative di legge vigenti.

Per gli studenti del percorso internazionale, la prova finale si compone di due parti: un insegnamento opzionale di 6 CFU da intendersi come preparatorio all'attività di tesi e la Tesi di Laurea vera e propria di 30 CFU da svolgersi nel secondo semestre del secondo anno. La Tesi sarà scritta in lingua inglese. La discussione avrà luogo presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova, salvo diverso accordo con l'Università partner. Ogni studente avrà come relatore almeno un docente del CCS in Fisica dell'Università di Genova.

Art. 11 – Commissioni del CCS

Il CCS è dotato di una *Commissione Didattica e Piani di Studio*, di una *Commissione Orientamento in Ingresso e in Itinere*, di una *Commissione Orientamento in Uscita e Lavoro* e di una *Commissione per l'Assicurazione della Qualità della Didattica (AQ)*.

La prima si occupa del riconoscimento di carriere precedenti e trasferimenti da altri Atenei e/o CdS. Si occupa inoltre della verifica della preparazione iniziale per coloro i quali vogliono iscriversi alla Laurea Magistrale provenendo da un altro Ateneo o da una laurea triennale diversa da quella in fisica. La seconda si occupa delle attività di orientamento pre-universitario e del servizio di tutorato per l'accoglienza ed il sostegno degli studenti. La terza si occupa delle problematiche connesse con l'inserimento dei laureati nel mondo del lavoro, guidando gli studenti nella scelta del tirocinio. La quarta si occupa di valutare la qualità globale del corso di Studi e cura la compilazione dei documenti richiesti dal Presidio di Qualità dell'Ateneo.

Art. 12 – Verifica periodica dei CFU

Non sono previste verifiche periodiche dei CFU acquisiti (Art. 19, comma 2-h del RDA).

Art. 13 – Manifesto degli Studi

Il Manifesto degli Studi elenca, anno per anno, il calendario delle lezioni, la lista di tutti gli insegnamenti, le modalità di attivazione degli insegnamenti opzionali e di compilazione del Piano di Studio.

Art. 14 Autovalutazione

Il processo di autovalutazione del Corso di Laurea in Fisica è affidato al Coordinatore del CCS e alla Commissione AQ. Il Coordinatore del CCS raccoglie e analizza i risultati dei questionari compilati dagli studenti sulle attività formative seguite. Comunica a ciascun docente i risultati relativi al suo insegnamento. Convoca privatamente i responsabili degli insegnamenti che hanno ottenuto una valutazione negativa per concordare, con gli stessi, azioni concrete rivolte al miglioramento dell'attività didattica.

La Commissione AQ esamina i dati statistici relativi all'ingresso nel CdS, i problemi segnalati sul percorso di formazione e l'accompagnamento al lavoro ed elabora la Scheda di Monitoraggio Annuale e il Rapporto Ciclico del Riesame nel quale sono proposti i correttivi da apportare al Corso di Laurea.

Art. 15 Attività miranti al miglioramento della didattica ed alla risoluzione di eventuali criticità

Il CCS incoraggia la partecipazione dei propri docenti alle attività promosse dal GLIA. E' compito della Commissione AQ operare per migliorare la qualità della didattica e razionalizzarne al meglio l'organizzazione. La Commissione AQ prende in esame eventuali criticità segnalate da studenti, membri del CCS o risultanti dal monitoraggio in itinere delle carriere degli studenti e propone al Consiglio eventuali azioni ove necessario.

Art. 16 – Reclami

Gli studenti che desiderino effettuare un formale reclamo possono a loro discrezione procedere in uno dei seguenti modi, preferibilmente nell'ordine di priorità qui riportato:

- a) Informare verbalmente il Coordinatore che potrebbe risolvere autonomamente la questione.
- b) Informare per iscritto Il Coordinatore che prenderà carico del reclamo e ne riferirà in CCS ed eventualmente al Direttore del Dipartimento responsabile del corso di Laurea.

- c) Informare il Direttore del Dipartimento.
- d) Rivolgersi al Garante di Ateneo.

Norme transitorie e finali

A partire dall'attivazione del Corso di Laurea Magistrale secondo il DM 270/04, il CCS delibererà su ogni altra eventuale norma transitoria o casistica non prevista.

APPENDICE A1: Attività Formative di Base - Indirizzi Tradizionali

ANNO / SEMESTRE	INSEGNAMENTO (uno a scelta per gruppo)	CFU	TIPOLOGIA / AMBITO DISCIPLINARE	SSD
1/1	Fisica Teorica	6	Caratterizzanti Teorico E Fondamenti Della Fisica	PHYS-02/A
	Fisica Quantistica Avanzata			
	Relatività Generale			
1/1	Fisica della Materia 2	6	Caratterizzanti Microfisica E Struttura Della Materia	PHYS-04/A
1/1	Fisica delle Particelle Elementari 1	6	Caratterizzanti Microfisica E Struttura Della Materia	PHYS-01/A
	Fisica dei Neutroni			
2	Prova Finale (tesi)	45	Altre Attività Prova Finale	-
1/2	Lingua Inglese	3	Ulteriori Conoscenze Linguistiche	ANGL-01/C

APPENDICE A2: Attività Formative di Base - Percorso Internazionale

ANNO / SEMESTRE	INSEGNAMENTO (uno a scelta per gruppo)	CFU	TIPOLOGIA / AMBITO DISCIPLINARE	SSD
1/1	Fisica Teorica	6	Caratterizzanti Teorico E Fondamenti Della Fisica	PHYS-02/A
	Fisica Quantistica Avanzata			
	Relatività Generale			
1/1	Fisica della Materia 2	6	Caratterizzanti Microfisica E Struttura Della Materia	PHYS-04/A
1/1	Fisica delle Particelle Elementari 1	6	Caratterizzanti Microfisica E Struttura Della Materia	PHYS-01/A
	Fisica dei Neutroni			
2	Prova Finale (tesi + esame propedeutico)	36	Altre Attività Prova Finale	-
1/2	Lingua Inglese	2	Ulteriori Conoscenze Linguistiche	ANGL-01/C

Appendice B1: Astrofisica e Cosmologia

ANNO / SEMESTRE	INSEGNAMENTI	CFU	ATTIVITÀ FORMATIVE / AMBITI DISCIPLINARI	SSD
1-2/1-2	Opzionale	18	Caratterizzanti Astrofisico, geofisico e spaziale	PHYS-05/A
1-2/1-2	Opzionali	6	Caratterizzanti Sperimentale Applicativo	PHYS-01/A PHYS-03/A PHYS-06/A
1-2/1-2	Opzionali	18	Affini O Integrative	PHYS-XX
1-2/1-2	A Scelta	12	Altre Attività: A Scelta Dello Studente	

Il Manifesto degli Studi suggerisce, anno per anno, percorsi formativi consigliati agli studenti che portano all'approvazione automatica del PdS fatta salva la verifica della coerenza dei corsi a scelta dello studente con il piano didattico complessivo.

\

Appendice B2: Fisica Applicata

ANNO / SEMESTRE	INSEGNAMENTI	CFU	ATTIVITÀ FORMATIVE / AMBITI DISCIPLINARI	SSD
1-2/1-2	Opzionale	24	Caratterizzanti Sperimentale Applicativo	PHYS-01/A PHYS-03/A PHYS-06/A
1-2/1-2	Opzionali	18	Affini O Integrative	PHYS-XX
1-2/1-2	A Scelta	12	Altre Attività: A Scelta Dello Studente	

Il Manifesto degli Studi suggerisce, anno per anno, percorsi formativi consigliati agli studenti che portano all'approvazione automatica del PdS fatta salva la verifica della coerenza dei corsi a scelta dello studente con il piano didattico complessivo.

APPENDICE B3: Fisica della Materia

ANNO / SEMESTRE	INSEGNAMENTI	CFU	ATTIVITÀ FORMATIVE / AMBITI DISCIPLINARI	SSD
1-2/1-2	Opzionale	6	Caratterizzanti Sperimentale Applicativo	PHYS-01/A PHYS-03/A PHYS-06/A
1-2/1-2	Opzionali	18	Caratterizzanti Microfisico e della Struttura della Materia	PHYS-01/A PHYS-02/A PHYS-03/A PHYS-04/A
1-2/1-2	Opzionali	18	Affini O Integrative	PHYS-XX
1-2/1-2	A Scelta	12	Altre Attività: A Scelta Dello Studente	

Il Manifesto degli Studi suggerisce, anno per anno, percorsi formativi consigliati agli studenti che portano all'approvazione automatica del PdS fatta salva la verifica della coerenza dei corsi a scelta dello studente con il piano didattico complessivo.

Appendice B4: Fisica delle Interazioni Fondamentali

ANNO / SEMESTRE	INSEGNAMENTI	CFU	ATTIVITÀ FORMATIVE / AMBITI DISCIPLINARI	SSD
1-2/1-2	Opzionali	24	Caratterizzanti Sperimentale Applicativo	PHYS-01/A PHYS-03/A PHYS-06/A
1-2/1-2	Opzionali	18	Affini O Integrative	PHYS-XX
1-2/1-2	A Scelta	12	Altre Attività: A Scelta Dello Studente	

Il Manifesto degli Studi suggerisce, anno per anno, percorsi formativi consigliati agli studenti che portano all'approvazione automatica del PdS fatta salva la verifica della coerenza dei corsi a scelta dello studente con il piano didattico complessivo.

APPENDICE B5: Fisica Teorica

ANNO / SEMESTRE	INSEGNAMENTI	CFU	ATTIVITÀ FORMATIVE / AMBITI DISCIPLINARI	SSD
1-2/1-2	Opzionale	6	Caratterizzanti Sperimentale Applicativo	PHYS-01/A PHYS-03/A PHYS-06/A
1-2/1-2	Opzionali	18	Caratterizzanti Teorico e dei Fondamenti della Fisica	PHYS-02/A PHYS-04/A
1-2/1-2	Opzionali	18	Affini O Integrative	PHYS-XX
1-2/1-2	A Scelta	12	Altre Attività: A Scelta Dello Studente	

Il Manifesto degli Studi suggerisce, anno per anno, percorsi formativi consigliati agli studenti che portano all'approvazione automatica del PdS fatta salva la verifica della coerenza dei corsi a scelta dello studente con il piano didattico complessivo

Appendice B6: Percorso Internazionale

ANNO / SEMESTRE	INSEGNAMENTI	CFU	ATTIVITÀ FORMATIVE / AMBITI DISCIPLINARI	SSD
1-2/1-2	Opzionale (Insegnamento propedeutico all'attività di tesi)	6	Altre Attività Prova Finale	PHYS-XX
1-2/1-2	Opzionali	12	Caratterizzanti Sperimentale Applicativo	PHYS-01/A PHYS-03/A PHYS-06/A
1-2/1-2	Opzionali	12	Caratterizzanti Teorico e Fondamenti della Fisica	PHYS-02/A PHYS-04/A
1-2/1-2	Opzionali	10	Caratterizzanti Microfisico e Struttura della Materia	PHYS-01/A PHYS-02/A PHYS-03/A

				PHYS-04/A
1-2/1-2	Opzionali	18	Affini O Integrative	PHYS-XX
1-2/1-2	A Scelta	12	Altre Attività: A Scelta Dello Studente	

Il Manifesto degli Studi suggerisce, anno per anno, percorsi formativi consigliati agli studenti che portano all'approvazione automatica del PdS fatta salva la verifica della coerenza dei corsi a scelta dello studente con il piano didattico complessivo. Per il periodo trascorso all'estero, lo studente sceglierà gli insegnamenti tra quelli proposti nell'offerta formativa dell'Università partner.

Appendice C

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA (ex DM 270/2004)

Regolamento prova finale e conseguimento del titolo della Laurea Magistrale

Riferimenti:

- Regolamento Laurea Magistrale in Fisica ex DM 270/2004, Art. 10.
- Approvato dal CdF di Scienze MFN il 29/03/2010.
- Manifesto degli Studi Laurea Magistrale in Fisica.

La commissione di laurea specialistica/magistrale, nominata dal CCS, è composta da un *nucleo permanente* di 5 membri, compreso il Presidente e il Segretario, e da supplenti. Si ricorre ai supplenti in caso di assenza di uno o più dei membri permanenti e nel caso in cui uno di essi sia un relatore della tesi in esame.

La gestione dei supplenti, della data di laurea e delle altre norme operative è delegata alla commissione permanente.

L'accesso ufficiale alla tesi è consentito agli studenti che abbiano superato tutti gli esami obbligatori più almeno due dei corsi opzionali.

Ad ogni tesi sono associati un relatore, che propone l'argomento di tesi e segue il candidato durante lo svolgimento del lavoro, ed un correlatore. Il correlatore è nominato dal nucleo permanente della commissione di laurea dopo che lo studente ha comunicato alla segreteria didattica l'argomento scelto ed il nome del relatore. Il correlatore ha il compito di seguire, tramite incontri periodici con lo studente, lo svolgimento del lavoro del candidato.

Gli argomenti delle tesi esterne devono essere preventivamente sottoposti all'approvazione del nucleo permanente della commissione di laurea che provvederà a nominare, oltre al correlatore, un relatore interno da affiancare al relatore esterno.

Un mese prima della data della sessione di laurea il candidato deve presentare un *abstract* contenente i punti essenziali della tesi.

Una copia stampata della tesi ed una su supporto informatico devono essere consegnate al nucleo permanente della commissione ed al correlatore due settimane prima della data della sessione di laurea.

Il nucleo permanente della commissione, ricevuti gli *abstracts*, può decidere per ogni tesi gli eventuali *referees* scelti tra esperti dei diversi settori, anche di altre sedi.

Il relatore, il correlatore e il referee prima della seduta di laurea, presentano alla commissione una relazione sull'attività svolta dal candidato seguendo uno schema indicato in appendice.

Nella seduta di laurea, della commissione fanno parte, per ciascun candidato, anche il rispettivo relatore e correlatore e, se possibile, il referee. Nel caso di tesi esterne possono partecipare alla seduta di laurea sia il relatore interno che quello esterno ma il giudizio che contribuisce alla formazione del voto finale è uno solo.

La commissione assegna alla tesi un voto in trentesimi.

Il voto finale a ciascun candidato viene assegnato secondo il seguente algoritmo: $V_{lm} = (CFU-esami/CFU-totali) \times V_{media} + (CFU-tesi/CFU-totali) \times V_{tesi}$, con:

V_{media} : media pesata sui CFU dei voti ottenuti nel corso della laurea magistrale, normalizzata a 110 e aumentata in ragione dei 5/72 del numero dei CFU acquisiti con lode;

V_{tesi} : voto assegnato alla tesi moltiplicato per 110/30 (la lode corrisponde a 115).

La commissione può inoltre attribuire con decisione unanime fino a due ulteriori punti di aumento del voto arrotondato all'intero più vicino.

La commissione può, sempre con decisione unanime, assegnare la lode nei casi in cui il punteggio riportato (e cioè: $V_{lm} +$ eventuale aumento) superi il 110.

Norme operative a cura e responsabilità della Commissione di Laurea

Al fine di guidare il lavoro di relatore, correlatore e referee nel formulare un giudizio sulla tesi, la Commissione propone una griglia di valutazione, composta da una serie di voci per ciascuna delle quali è richiesta una valutazione articolata su più livelli, come segue.

(solo per relatore e correlatore)

Qual è stato il grado di impegno richiesto al candidato per impadronirsi degli strumenti necessari allo svolgimento della tesi?

(solo per relatore e correlatore)

Come valuti il grado di autonomia mostrato dal candidato durante lo svolgimento del lavoro di tesi?

Qual è il livello di originalità della tematica di ricerca affrontata?

Qual è l'impatto dei risultati ottenuti sulla comunità scientifica di riferimento?

Come valuti la qualità della stesura della tesi?

(solo per il correlatore)

In quale misura il candidato ha interagito con il correlatore?

Appendice D

Regolamento di selezione per l'ammissione al percorso internazionale di doppio titolo con l'Università di Aix Marseille.

1) possono accedere al percorso internazionale, che prevede al termine il rilascio del doppio titolo con l'Università di Aix-Marseille, gli studenti che si iscrivono al primo anno della Laurea Magistrale in Fisica (LM – 17) e abbiano già conseguito la Laurea in Fisica (L-30) al momento dell'iscrizione o che la conseguano entro il 31 ottobre dell'anno solare di iscrizione alla Laurea Magistrale.

2) per accedere al percorso internazionale è inoltre necessaria una conoscenza della lingua inglese di livello B2. La verifica di questo requisito avverrà tramite un colloquio da svolgersi in una data immediatamente precedente alla selezione. Sono esentati da tale verifica gli studenti in possesso di un certificato di conoscenza della lingua inglese di livello B2 o superiore.

3) la richiesta di accedere al percorso internazionale deve essere fatta contestualmente alla consegna del piano di studi al Coordinatore del CS entro i termini previsti dal manifesto (vedasi paragrafo *Piani di studio* del manifesto della Laurea Magistrale in Fisica).

4) al momento della richiesta, lo studente deve indicare il/i semestre/i da trascorrere presso l'Università partner e il piano di studi completo per i due anni di corso di laurea, ossia comprendente gli insegnamenti che lo studente intende seguire sia a Genova sia a Marsiglia.

La scelta su dove svolgere la tesi di laurea sarà invece indicata successivamente.

5) lo studente deve anche presentare contestualmente un piano di studi alternativo (ossia di tipo tradizionale, interamente svolto a Genova) che seguirà in caso di mancata selezione per il percorso internazionale.

6) le richieste di ammissione al percorso internazionale saranno esaminate da una apposita commissione formata dal Coordinatore del CS, dal delegato all'internazionalizzazione del DIFI e da due altri componenti scelti tra i membri del gruppo di coordinamento del CS e della Commissione Didattica e Piani di studio.

7) la commissione si riunisce ogni anno nella prima settimana di ottobre per stilare la graduatoria di merito e indicare gli ammessi al percorso internazionale. I punteggi saranno attribuiti secondo i criteri elencati in calce al presente regolamento.

8) gli studenti ammessi che non conseguano la laurea entro il 31 ottobre saranno automaticamente esclusi dal percorso internazionale.

Norme di selezione dei candidati al percorso internazionale

La selezione dei candidati al percorso internazionale viene effettuata da una commissione congiunta di docenti dell'Università di Genova e Aix Marseille. I criteri di selezione tengono conto delle quote stabilite dall'accordo che regola il doppio titolo, il quale prevede un massimo di cinque candidati per ciascuna università. Per questo motivo, la commissione procederà con due processi di selezione distinti e redigerà due graduatorie separate.

Per quanto riguarda i requisiti minimi, gli studenti dell'Università di Aix-Marseille devono aver ottenuto una media di almeno 12 su 20 al terzo anno. Gli studenti dell'Università di Genova, invece, devono aver conseguito una votazione finale di almeno 95 su 110 nella Laurea in Fisica.

I candidati che soddisfano questi requisiti minimi saranno inseriti in una graduatoria di merito basata su una valutazione complessiva del loro percorso accademico durante i tre anni di laurea. In particolare, verrà data maggiore attenzione ai risultati ottenuti nell'ultimo anno, oltre che alla qualità della lettera di motivazione.

Allegato 1

Parte speciale del regolamento didattico Quadro GENERALE delle attività Formative

Ai sensi del vigente Ordinamento ex DM 270/2004 e successive modificazioni, le attività formative che dovranno essere acquisite dagli studenti sono distinte in Attività formative Caratterizzanti, Affini, A Scelta, Altre attività.

Indirizzo	Anno	Cod ins	Nome ins	Nome ins EN	CFU	SSD	Tipologia	Ambito	Lingua	Obiettivi formativi	Obiettivi formativi inglese	Ore riservate attività didattica assistita	Ore riservate allo studio personale	Propedeuticità
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	61842	FISICA TEORICA	THEORETICAL PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Fornire allo studente le basi dell'estensione relativistica della meccanica quantistica, della generalizzazione relativistica della teoria dello scattering e della teoria covariante delle perturbazioni.	To provide students with the fundamentals of the relativistic extension of quantum mechanics, the relativistic generalisation of scattering theory, and the covariant theory of perturbations.	56	94	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	61844	FISICA DELLA MATERIA 2	MATTER PHYSICS 2	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	Questo insegnamento si propone di fornire i fondamenti della fisica dei solidi, con particolare attenzione alle proprietà elettroniche. L'obiettivo principale è quello di spiegare la dinamica degli elettroni all'interno dei solidi cristallini con particolare enfasi ai semiconduttori. Verranno inoltre spiegate le principali proprietà magnetiche dei solidi, tra cui il ferromagnetismo. Infine si getteranno le basi teoriche per una comprensione del comportamento dei superconduttori e delle loro proprietà di trasporto.	This teaching aims to provide the fundamentals of solid-state physics, with a particular focus on electronic properties. The main objective is to explain the dynamics of electrons within crystalline solids, with particular emphasis on semiconductors. The main magnetic properties of solids, including ferromagnetism, will also be explained. Finally, the theoretical foundations will be laid for an understanding of the behaviour of superconductors and their transport properties.	56	94	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	61847	FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI 1	PARTICLE PHYSICS 1	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si prefigge di fornire un'introduzione alla fenomenologia e alla modellistica della fisica delle particelle.	The teaching aims to provide an introduction to the phenomenology and modelling of particle physics.	60	90	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	61864	SPETTROSCOPIE E MATERIALI PER LA FOTONICA	SPECTROSCOPIES AND MATERIALS FOR PHOTONICS	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Gli studenti matureranno competenze aggiornate sull'applicazione dei metodi spettroscopici allo studio delle proprietà ottiche di nano-materiali composti di interesse nel campo della fotonica. Attraverso l'attività di laboratorio, dimostrativa ed esperienziale, gli studenti acquisiranno competenze di base di spettroscopia ottica e di ellissometria spettroscopica.	Students will develop up-to-date skills on the application of spectroscopic methods to the study of the optical properties of composite nano-materials of interest in the field of photonics. Through laboratory, demonstration and experiential activities, students will acquire basic skills in optical spectroscopy and spectroscopic ellipsometry.	55	95	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	61868	LABORATORIO DI FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAM. E ASTROFISICA	LAB OF FUNDAMENTAL INTERACTIONS PHYSICS AND ASTROPHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Il laboratorio illustra le principali tecniche sperimentali utilizzate nella fisica delle interazioni fondamentali e astrofisica e permette agli studenti di progettare, eseguire ed elaborare i dati di un esperimento reale.	The laboratory illustrates the main experimental techniques used in fundamental interaction physics and astrophysics and allows students to design, perform and process the data of a real experiment.	62	88	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	61875	RELATIVITA' GENERALE	GENERAL RELATIVITY	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Esposizione della teoria di Einstein delle interazioni gravitazionali con le sue principali conseguenze e applicazioni.	An overview of Einstein's theory of gravitational interactions, including its main implications and applications.	56	94	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	61936	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	6	PHYS-03/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Inglese	Il corso esplorerà la rilevanza di superfici e interfacce nella nanoscienza e per le nanotecnologie. Il corso introdurrà a) le quantità termodinamiche in eccesso alla superficie; b) la struttura cristallina alle superficie, rilassamento e ricostruzione, c) le proprietà dello stato elettronico fondamentale e la struttura a bande di superficie e gli stati elettronici di superficie; d) le proprietà magnetiche di superficie. Verranno discussi casi speciali relativi a superfici di semiconduttori, ossidi ed isolanti. Le proprietà di grafene, altri materiali bidimensionali e film ultrasottili verranno discussi rispetto alla dimensionalità con estensioni a dimensioni inferiori per fili atomici, scalini alla superficie e cluster di atomi. Verranno trattati gli stati eccitati: lo spettro fononico di superficie, eccitazioni elettroniche e magnetiche. Connessioni con la	Relevance of surfaces and interfaces in Nanoscience and Nanotechnology. The course will introduce: a) the surface excess quantities and thermodynamical properties of surfaces; b) the surface crystallographic structure with relaxation and reconstruction phenomena; c) the surface electronic ground state properties and the surface states; d) the surface magnetic properties. Specific cases for semiconductor, oxide and insulator surfaces, graphene and other ultrathin films will be discussed with respect to dimensionality with extension towards one and zero dimensions, i.e atomic wires, surface steps and clusters. Excited states at surfaces will be treated: surface phonon spectra, surface electronic and magnetic excitations. Connections to	54	96	

ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	68873	ELETTRONICA APPLICATA	APPLIED ELECTRONICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di studiare il principio fisico, i principali aspetti costruttivi e applicazioni dei moderni sensori e strumenti. Gli studenti acquisiranno capacità di progettare modelli e usare schematizzazioni con piena coscienza delle limitazioni connesse.	The course aims to study the physical principle, the main constructive aspects and applications of modern sensors and instruments. Students will acquire the ability to design models and use schematizations with full awareness of the limitations involved.	48	102	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	87010	FISICA E TECNOLOGIA DEI MAGNETI SUPERCONDUTTORI	PHYSICS AND TECHNOLOGY OF SUPERCONDUCTOR MAGNETS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento fornisce le competenze di base per la progettazione di magneti per le macchine acceleratrici e introduce all'uso di strumenti computazionali per la soluzione di problemi che coinvolgono l'applicazione di equazioni differenziali alle derivate parziali in magnetostatica. Particolare enfasi viene data alla progettazione e costruzione di magneti superconduttori grazie anche al supporto esterno di ASG Superconductors.	The teaching provides the basic skills required for the design of magnets for particle accelerators and introduces students to the use of computational tools for solving problems involving the application of partial differential equations in magnetostatics. Particular emphasis is placed on the design and construction of superconducting magnets, thanks in part to external support from ASG Superconductors.	48	102	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	94844	ONDE GRAVITAZIONALI	GRAVITATIONAL WAVES	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di fornire agli studenti conoscenze adeguate sui fondamenti teorici, sulle tecniche sperimentali e sulle strategie di analisi dei dati, necessari per comprendere la letteratura scientifica sulle osservazioni di onde gravitazionali e sulle loro implicazioni nel campo dell'astronomia, astrofisica, cosmologia e fisica fondamentale.	The course aims to provide students with a sound understanding of the theoretical foundations, experimental techniques and data analysis strategies required to comprehend the scientific literature on gravitational wave observations and their implications for astronomy, astrophysics, cosmology and fundamental physics.	48	102	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	94888	OTTICA APPLICATA	APPLIED OPTICS	6	PHYS-03/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento illustra, sia attraverso lezioni che attività di laboratorio, alcune importanti applicazioni moderne dell'ottica.	The teaching illustrates, through both lectures and practical sessions, some important modern applications of optics.	62	88	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	107028	LINGUA INGLESE B2	ENGLISH LANGUAGE B2	3	ANGL-01/C	ALTRE ATTIVITA'	Ulteriori conoscenze linguistiche	Inglese	Consolidare il livello di conoscenza della lingua inglese corrispondente al livello B2 del QCER del Consiglio d'Europa sulle abilità di lettura, uso della lingua e ascolto.	Consolidate the knowledge of the English language at the B2 level as described in the CEFR of the European Council in the following skills: Reading, Use of English, and Listening.	24	51	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	109091	INTRODUZIONE ALL'ASTROFISICA E ALLA COSMOLOGIA	INTRODUCTION TO ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY	6	PHYS-05/A	CARATTERIZZANTI	Astrofisico, geofisico, climatico e spaziale	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di fornire una introduzione alle moderne Astrofisica e Cosmologia con particolare attenzione all'applicazione della fisica classica, meccanica, elettromagnetismo, termodinamica, e alle connessioni con la fisica delle interazioni fondamentali.	The teaching aims to provide an introduction to modern astrophysics and cosmology, with a particular focus on the application of classical physics, mechanics, electromagnetism and thermodynamics, and on the connections with the physics of fundamental interactions.	52	98	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	109092	ACCELERATORI DI PARTICELLE	PARTICLE ACCELERATORS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento presenta lo stato dell'arte degli acceleratori di particelle attualmente in uso, descrivendone le caratteristiche salienti e le principali leggi fisiche e limitazioni tecnologiche che ne determinano le prestazioni.	The course presents the state of the art of particle accelerators currently in use, describing their main characteristics and the main physical laws and technological limitations that determine their performance.	48	102	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	109118	OBSERVATIONALE COSMOLOGY	OBSERVATIONAL COSMOLOGY	6	PHYS-05/A	CARATTERIZZANTI	Astrofisico, geofisico, climatico e spaziale	Inglese	The teaching aims to discuss the key observations that led to the formulation of the Standard Cosmological Model, highlighting its critical aspects and their impact on particle physics and theories of gravity.	The teaching aims to discuss the key observations that led to the formulation of the Standard Cosmological Model, highlighting its critical aspects and their impact on particle physics and theories of gravity.	52	98	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	109119	PHYSICS OF COSMIC STRUCTURES	PHYSICS OF COSMIC STRUCTURES	6	PHYS-05/A	CARATTERIZZANTI	Astrofisico, geofisico, climatico e spaziale	Inglese	The teaching aims to explore the theory of the formation of cosmic structures, starting with the theory of inflation in the early universe and the anisotropies of the cosmic microwave background, and extending to the distribution of galaxies in the present-day universe.	The teaching aims to explore the theory of the formation of cosmic structures, starting with the theory of inflation in the early universe and the anisotropies of the cosmic microwave background, and extending to the distribution of galaxies in the present-day universe.	52	98	

ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	109120	FISICA DELLE ASTROPARTICELLE	PHYSICS OF ASTROPARTICLES	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di fornire agli studenti conoscenze di base sulla fisica delle astroparticelle, concentrandosi in particolare modo sui modelli che prevedono l'emissione di particelle da parte di sorgenti astrofisiche e sulle tecniche sperimentali per la rivelazione di raggi cosmici e neutrini di origine extraterrestre.	Teaching aims to provide students with basic knowledge of astroparticle physics, focusing particularly on models predicting particle emission from astrophysical sources and experimental techniques for detecting cosmic rays and neutrinos of extraterrestrial origin.	52	98	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	111406	FLUIDODINAMICA GENERALE	FLUID DYNAMICS	6	PHYS-05/B	AFFINIO INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano	Obiettivo centrale dell'insegnamento è fornire allo studente un quadro generale, di base ma concettualmente organizzato, di un settore della fisica classica che, pur essendo assai interessante nelle sue fondamentali teoriche e simultaneamente di grande e molteplice utilità applicativa, non può tuttavia che essere trattato molto velocemente nell'ambito degli insegnamenti di base. Buona parte della fluidodinamica (instabilità, turbolenza, fluidi non newtoniani, etc.) costituisce a tutt'oggi importante oggetto di attiva ricerca, collegato in molti modi alle ricerche più attuali di fisica fondamentale.	The central objective of the course is to provide the student with a general framework, basic but conceptually organized, of a sector of classical physics which, although very interesting in its theoretical foundations and simultaneously of great and multiple application utility, can however only be treated very quickly within the basic teachings. A large part of fluid dynamics (instability, turbulence, non-Newtonian fluids, etc.) is still today an important object of active research, linked in many ways to the most current research in fundamental physics.	48	102	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	111446	ASTROPHYSICS AND COMPUTATIONAL COSMOLOGY	ASTROPHYSICS AND COMPUTATIONAL COSMOLOGY	6	PHYS-05/A	CARATTERIZZANTI	Astrofisico, geofisico, climatico e spaziale	Inglese	The course aims to illustrate the most common analytical and, above all, numerical techniques used to quantitatively analyze the physics of astrophysical systems (e.g. stellar evolution) and cosmic structures (evolution of large-scale structures, physics of primordial plasma, etc.)	The course aims to illustrate the most common analytical and, above all, numerical techniques used to quantitatively analyze the physics of astrophysical systems (e.g. stellar evolution) and cosmic structures (evolution of large-scale structures, physics of primordial	52	98	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	114683	FISICA DEI NEUTRONI	NEUTRON PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Microfisica della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento fornisce agli studenti le conoscenze dei meccanismi fisici su cui si basa il funzionamento dei reattori a fusione ed a fissione. In particolare come funziona il contenimento dei plasmi mediante campi magnetici nei reattori a fusione, come vengono prodotti e regolati i flussi di neutroni all'interno dei reattori a fissione, quali sono i processi utilizzati per la produzione e l'estrazione dell'energia, quali sono i sistemi di monitoraggio di produzione di energia. Verranno inoltre analizzati i reattori attualmente in funzione e di quelli di prossima generazione.	The teaching provides students with an understanding of the physical mechanisms underlying the operation of fusion and fission reactors. In particular, it covers how plasma confinement works using magnetic fields in fusion reactors, how neutron fluxes are produced and regulated within fission reactors, the processes used for energy production and extraction, and the systems used to monitor energy production. The course will also analyse reactors currently in operation and those of the next generation.	52	98	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	114699	FISICA QUANTISTICA AVANZATA	ADVANCED QUANTUM PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Fornire allo studente le basi della meccanica quantistica dei sistemi di molti corpi trattati nell'ambito della seconda quantizzazione, e familiarizzarlo con le applicazioni di tale metodo ad alcuni dei principali fenomeni fisici della fisica moderna.	To provide students with the fundamentals of quantum mechanics for many-body systems within the framework of second quantisation, and to familiarise them with the applications of this method to some of the key physical phenomena in modern physics.	60	90	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	114700	MULTI-FREQUENCY AND MULTI-MESSENGER ASTROPHYSICS	MULTI-FREQUENCY AND MULTI-MESSENGER ASTROPHYSICS	6	PHYS-05/A	CARATTERIZZANTI	Astrofisico, geofisico, climatico e spaziale	Inglese	The teaching aims to provide the fundamentals of experimental astrophysics, with particular reference to the construction and use of instrumentation for observing the cosmos.	The teaching aims to provide the fundamentals of experimental astrophysics, with particular reference to the construction and use of instrumentation for observing the cosmos.	52	98	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	118274	FISICA DEI RIVELATORI DI PARTICELLE	PARTICLE DETECTOR PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Comprensione dei principi e fenomeni fisici di base della interazione tra particelle e materia, dei principi di funzionamento delle principali classi e tipi di rivelatori di particelle e dell'architettura di un esperimento. Funzionamento e uso guidato di alcuni semplici dispositivi di rivelazione.	Understanding of the basic physical principles and phenomena underlying the interaction between particles and matter, the operating principles of the main classes and types of particle detectors, and the architecture of an experiment. Operation and guided use of some simple detection devices.	52	98	

ASTROFISICA E COSMOLOGIA	1	121776	OCEANOGRAPHIA FISICA	PHYSICAL OCEANOGRAPHY	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	Il corso introduce i fondamenti della fluidodinamica geofisica applicata all'oceano e guida gli studenti, in modo progressivo, alla formulazione e analisi di un modello shallow-water di circolazione in un bacino forzato dal vento.	The course introduces the fundamentals of geophysical fluid dynamics as applied to the ocean and guides students, step by step, through the formulation and analysis of a shallow-water circulation model in a wind-driven basin.	52	98	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	2	61864	SPETTROSCOPIE E MATERIALI PER LA FOTONICA	SPECTROSCOPIES AND MATERIALS FOR PHOTONICS	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Gli studenti matureranno competenze aggiornate sull'applicazione dei metodi spettroscopici allo studio delle proprietà ottiche di interesse nel campo della fotonica. Attraverso l'attività di laboratorio, dimostrativa ed esperienziale, gli studenti acquisiranno competenze di base di spettroscopia ottica e di ellissometria spettroscopica.	Students will develop up-to-date skills on the application of spectroscopic methods to the study of the optical properties of composite nano-materials of interest in the field of photonics. Through laboratory, demonstration and experiential activities, students will acquire basic skills in optical spectroscopy and spectroscopic ellipsometry.	55	95	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	2	61868	LABORATORIO DI FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAM. E ASTROFISICA	LAB OF FUNDAMENTAL INTERACTIONS PHYSICS AND ASTROPHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Il laboratorio illustra le principali tecniche sperimentali utilizzate nella fisica delle interazioni fondamentali e astrofisica e permette agli studenti di progettare, eseguire ed elaborare i dati di un esperimento reale.	The laboratory illustrates the main experimental techniques used in fundamental interaction physics and astrophysics and allows students to design, perform and process the data of a real experiment.	62	88	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	2	61936	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	6	PHYS-03/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Inglese	Il corso esplorerà la rilevanza di superfici e interfacce nella nanoscienza e per le nanotecnologie. Il corso introdurrà a) le quantità termodinamiche in eccesso alla superficie; b) la struttura cristallina alle superficie, rilassamento e ricostruzione, c) le proprietà dello stato elettronico fondamentale e la struttura a bande di superficie e gli stati elettronici di superficie; d) le proprietà magnetiche di superficie. Verranno discussi casi speciali relativi a superfici di semiconduttori, ossidi ed isolanti. Le proprietà di grafene, altri materiali bidimensionali e film ultrasottili verranno discussi rispetto alla dimensionalità con estensioni a dimensioni inferiori per fili atomici, scalini alla superficie e cluster di atomi. Verranno trattati gli stati eccitati: lo spettro fononico di superficie, eccitazioni elettroniche e magnetiche. Connessioni con la	Relevance of surfaces and interfaces in Nanoscience and Nanotechnology. The course will introduce: a) the surface excess quantities and thermodynamical properties of surfaces; b) the surface crystallographic structure with relaxation and reconstruction phenomena; c) the surface electronic ground state properties and the surface states; d) the surface magnetic properties. Specific cases for semiconductor, oxide and insulator surfaces, graphene and other ultrathin films will be discussed with respect to dimensionality with extension towards one and zero dimensions, i.e atomic wires, surface steps and clusters. Excited states at surfaces will be treated: surface phonon spectra, surface electronic and magnetic excitations. Connections to	54	96	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	2	68873	ELETTRONICA APPLICATA	APPLIED ELECTRONICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di studiare il principio fisico, i principali aspetti costruttivi e applicazioni dei moderni sensori e strumenti. Gli studenti acquisiranno capacità di progettare modelli e usare schematizzazioni con piena coscienza delle limitazioni connesse.	The course aims to study the physical principle, the main constructive aspects and applications of modern sensors and instruments. Students will acquire the ability to design models and use schematizations with full awareness of the limitations involved.	48	102	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	2	72740	TESI	FINAL THESIS	45		PROVA FINALE	Per la prova finale	Italiano (Inglese a richiesta)			0	1125	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	2	87010	FISICA E TECNOLOGIA DEI MAGNETI SUPERCONDUTTORI	PHYSICS AND TECHNOLOGY OF SUPERCONDUCTOR MAGNETS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento fornisce le competenze di base per la progettazione di magneti per le macchine acceleratrici e introduce all'uso di strumenti computazionali per la soluzione di problemi che coinvolgono l'applicazione di equazioni differenziali alle derivate parziali in magnetostatica. Particolare enfasi viene data alla progettazione e costruzione di magneti superconduttori grazie anche al supporto esterno di ASG Superconductors.	The teaching provides the basic skills required for the design of magnets for particle accelerators and introduces students to the use of computational tools for solving problems involving the application of partial differential equations in magnetostatics. Particular emphasis is placed on the design and construction of superconducting magnets, thanks in part to external support from ASG Superconductors.	48	102	

ASTROFISICA E COSMOLOGIA	2	94844	ONDE GRAVITAZIONALI	GRAVITATIONAL WAVES	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di fornire agli studenti conoscenze adeguate sui fondamenti teorici, sulle tecniche sperimentali e sulle strategie di analisi dei dati, necessari per comprendere la letteratura scientifica sulle osservazioni di onde gravitazionali e sulle loro implicazioni nel campo dell'astronomia, astrofisica, cosmologia e fisica fondamentale.	The course aims to provide students with a sound understanding of the theoretical foundations, experimental techniques and data analysis strategies required to comprehend the scientific literature on gravitational wave observations and their implications for astronomy, astrophysics, cosmology and fundamental physics.	48	102
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	2	94888	OTTICA APPLICATA	APPLIED OPTICS	6	PHYS-03/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento illustra, sia attraverso lezioni che attività di laboratorio, alcune importanti applicazioni moderne dell'ottica.	The teaching illustrates, through both lectures and practical sessions, some important modern applications of optics.	62	88
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	2	109091	INTRODUZIONE ALL'ASTROFISICA E ALLA COSMOLOGIA	INTRODUCTION TO ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY	6	PHYS-05/A	CARATTERIZZANTI	Astrofisico, geofisico, climatico e spaziale	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di fornire una introduzione alle moderne Astrofisica e Cosmologia con particolare attenzione all'applicazione della fisica classica, meccanica, elettromagnetismo, termodinamica, e alle connessioni con la fisica delle interazioni fondamentali.	The teaching aims to provide an introduction to modern astrophysics and cosmology, with a particular focus on the application of classical physics, mechanics, electromagnetism and thermodynamics, and on the connections with the physics of fundamental interactions.	52	98
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	2	109092	ACCELERATORI DI PARTICELLE	PARTICLE ACCELERATORS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento presenta lo stato dell'arte degli acceleratori di particelle attualmente in uso, descrivendone le caratteristiche salienti e le principali leggi fisiche e limitazioni tecnologiche che ne determinano le prestazioni.	The course presents the state of the art of particle accelerators currently in use, describing their main characteristics and the main physical laws and technological limitations that determine their performance.	48	102
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	2	109118	OBSERVATIONAL COSMOLOGY	OBSERVATIONAL COSMOLOGY	6	PHYS-05/A	CARATTERIZZANTI	Astrofisico, geofisico, climatico e spaziale	Inglese	The teaching aims to discuss the key observations that led to the formulation of the Standard Cosmological Model, highlighting its critical aspects and their impact on particle physics and theories of gravity.	The teaching aims to discuss the key observations that led to the formulation of the Standard Cosmological Model, highlighting its critical aspects and their impact on particle physics and theories of gravity.	52	98
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	2	109119	PHYSICS OF COSMIC STRUCTURES	PHYSICS OF COSMIC STRUCTURES	6	PHYS-05/A	CARATTERIZZANTI	Astrofisico, geofisico, climatico e spaziale	Inglese	The teaching aims to explore the theory of the formation of cosmic structures, starting with the theory of inflation in the early universe and the anisotropies of the cosmic microwave background, and extending to the distribution of galaxies in the present-day universe.	The teaching aims to explore the theory of the formation of cosmic structures, starting with the theory of inflation in the early universe and the anisotropies of the cosmic microwave background, and extending to the distribution of galaxies in the present-day universe.	52	98
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	2	109120	FISICA DELLE ASTROPARTICELLE	PHYSICS OF ASTROPARTICLES	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di fornire agli studenti conoscenze di base sulla fisica delle astroparticelle, concentrandosi in particolare modo sui modelli che prevedono l'emissione di particelle da parte di sorgenti astrofisiche e sulle tecniche sperimentali per la rivelazione di raggi cosmici e neutrini di origine extraterrestre.	Teaching aims to provide students with basic knowledge of astroparticle physics, focusing particularly on models predicting particle emission from astrophysical sources and experimental techniques for detecting cosmic rays and neutrinos of extraterrestrial origin.	52	98
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	2	111406	FLUIDODINAMICA GENERALE	FLUID DYNAMICS	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano	Obiettivo centrale dell'insegnamento è fornire allo studente un quadro generale, di base ma concettualmente organizzato, di un settore della fisica classica che, pur essendo assai interessante nelle sue fondamenta teoriche e simultaneamente di grande e molteplice utilità applicativa, non può tuttavia che essere trattato molto velocemente nell'ambito degli insegnamenti di base. Buona parte della fluidodinamica (instabilità, turbolenza, fluidi non newtoniani, etc.) costituisce a tutt'oggi importante oggetto di attiva ricerca, collegato in molti modi alle ricerche più attuali di fisica fondamentale.	The central objective of the course is to provide the student with a general framework, basic but conceptually organized, of a sector of classical physics which, although very interesting in its theoretical foundations and simultaneously of great and multiple application utility, can however only be treated very quickly within the basic teachings. A large part of fluid dynamics (instability, turbulence, non-Newtonian fluids, etc.) is still today an important object of active research, linked in many ways to the most current research in fundamental physics.	48	102

ASTROFISICA E COSMOLOGIA	2	111446	ASTROPHYSICS AND COMPUTATIONAL COSMOLOGY	ASTROPHYSICS AND COMPUTATIONAL COSMOLOGY	6	PHYS-05/A	CARATTERIZZANTI	Astrofisico, geofisico, climatico e spaziale	Inglese	The course aims to illustrate the most common analytical and, above all, numerical techniques used to quantitatively analyze the physics of astrophysical systems (e.g. stellar evolution) and cosmic structures (evolution of large-scale structures, physics of primordial plasma, etc.)	The course aims to illustrate the most common analytical and, above all, numerical techniques used to quantitatively analyze the physics of astrophysical systems (e.g. stellar evolution) and cosmic structures (evolution of large-scale structures, physics of primordial	52	98	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	2	114700	MULTI-FREQUENCY AND MULTI-MESSENGER ASTROPHYSICS	MULTI-FREQUENCY AND MULTI-MESSENGER ASTROPHYSICS	6	PHYS-05/A	CARATTERIZZANTI	Astrofisico, geofisico, climatico e spaziale	Inglese	The teaching aims to provide the fundamentals of experimental astrophysics, with particular reference to the construction and use of instrumentation for observing the cosmos.	The teaching aims to provide the fundamentals of experimental astrophysics, with particular reference to the construction and use of instrumentation for observing the cosmos.	52	98	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	2	118274	FISICA DEI RIVELATORI DI PARTICELLE	PARTICLE DETECTOR PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Comprensione dei principi e fenomeni fisici di base della interazione tra particelle e materia, dei principi di funzionamento delle principali classi e tipi di rivelatori di particelle e dell'architettura di un esperimento. Funzionamento e uso guidato di alcuni semplici dispositivi di rivelazione.	Understanding of the basic physical principles and phenomena underlying the interaction between particles and matter, the operating principles of the main classes and types of particle detectors, and the architecture of an experiment. Operation and guided use of some simple detection devices.	52	98	
ASTROFISICA E COSMOLOGIA	2	121776	OCEANOGRAFIA FISICA	PHYSICAL OCEANOGRAPHY	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	Il corso introduce i fondamenti della fluidodinamica geofisica applicata all'oceano e guida gli studenti, in modo progressivo, alla formulazione e analisi di un modello shallow-water di circolazione in un bacino forzato dal vento.	The course introduces the fundamentals of geophysical fluid dynamics as applied to the ocean and guides students, step by step, through the formulation and analysis of a shallow-water circulation model in a wind-driven basin.	52	98	
FISICA APPLICATA	1	61738	BIOFISICA	BIOPHYSICS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano	Obiettivo dell'insegnamento è fornire allo studente gli elementi per la comprensione dei meccanismi che governano l'equilibrio fisico-chimico attraverso membrane modello, dei processi fondamentali del trasporto attraverso membrane biologiche, dei meccanismi elettrici alla base della trasmissione del segnale nervoso e delle interazioni che stabilizzano la struttura delle macromolecole e regolano i processi di riconoscimento molecolare.	The aim of the course is to provide the student with the elements for understanding the mechanisms that govern the physical-chemical equilibrium through model membranes, the fundamental processes of transport through biological membranes, the electrical mechanisms underlying the transmission of the nerve signal and the interactions that they stabilize the structure of macromolecules and regulate the processes of	52	98	
FISICA APPLICATA	1	61842	FISICA TEORICA	THEORETICAL PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Fornire allo studente le basi dell'estensione relativistica della meccanica quantistica, della generalizzazione relativistica della teoria dello scattering e della teoria covariante delle perturbazioni.	To provide students with the fundamentals of the relativistic extension of quantum mechanics, the relativistic generalisation of scattering theory, and the covariant theory of perturbations.	56	94	
FISICA APPLICATA	1	61844	FISICA DELLA MATERIA 2	MATTER PHYSICS 2	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	Questo insegnamento si propone di fornire i fondamenti della fisica dei solidi, con particolare attenzione alle proprietà elettroniche. L'obiettivo principale è quello di spiegare la dinamica degli elettroni all'interno dei solidi cristallini con particolare enfasi ai semiconduttori. Verranno inoltre spiegate le principali proprietà magnetiche dei solidi, tra cui il ferromagnetismo. Infine si getteranno le basi teoriche per una comprensione del comportamento dei superconduttori e delle loro proprietà di trasporto	This teaching aims to provide the fundamentals of solid-state physics, with a particular focus on electronic properties. The main objective is to explain the dynamics of electrons within crystalline solids, with particular emphasis on semiconductors. The main magnetic properties of solids, including ferromagnetism, will also be explained. Finally, the theoretical foundations will be laid for an understanding of the behaviour of superconductors and their transport properties.	56	94	
FISICA APPLICATA	1	61847	FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI 1	PARTICLE PHYSICS 1	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si prefigge di fornire un'introduzione alla fenomenologia e alla modellistica della fisica delle particelle.	The teaching aims to provide an introduction to the phenomenology and modelling of particle physics.	60	90	

FISICA APPLICATA	1	61863	FISICA DELLA MATERIA SOFFICE	SOFT MATTER PHYSICS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento introduce allo studio della materia caratterizzata da deboli interazioni tra costituenti poliatomici e da importanti effetti delle fluttuazioni termiche. Obiettivo dell'apprendimento è la conoscenza delle caratteristiche dei materiali soffici e delle interazioni che li governano, e la comprensione dei modelli che ne descrivono il comportamento.	Teaching introduces the study of matter characterized by weak interactions between polyatomic constituents and important effects of thermal fluctuations. The learning objective is knowledge of the characteristics of soft materials and the interactions that govern them, and an understanding of the models that describe their behavior.	52	98	
FISICA APPLICATA	1	61871	FISICA DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI	PHYSICS OF IONIZING RADIATION	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Fornire agli studenti una panoramica delle applicazioni delle tecniche della fisica nucleare in vari campi lavorativi, che vanno dalla tecnologia, al campo sanitario-ambientale e all'arte.	To provide students with an overview of the applications of nuclear physics techniques in various fields of work, ranging from technology to the health and environmental sectors and the arts.	52	98	
FISICA APPLICATA	1	61875	RELATIVITA' GENERALE	GENERAL RELATIVITY	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Esposizione della teoria di Einstein delle interazioni gravitazionali con le sue principali conseguenze e applicazioni.	An overview of Einstein's theory of gravitational interactions, including its main implications and applications.	56	94	
FISICA APPLICATA	1	61936	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	6	PHYS-03/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Inglese	Il corso esplorerà la rilevanza di superfici e interfacce nella nanoscienza e per le nanotecnologie. Il corso introdurrà a) le quantità termodinamiche in eccesso alla superficie; b) la struttura cristallina alle superficie, rilassamento e ricostruzione, c) le proprietà dello stato elettronico fondamentale e la struttura a bande di superficie e gli stati elettronici di superficie; d) le proprietà magnetiche di superficie. Verranno discussi casi speciali relativi a superfici di semiconduttori, ossidi ed isolanti. Le proprietà di grafene, altri materiali bidimensionali e film ultrasottili verranno discussi rispetto alla dimensionalità con estensioni a dimensioni inferiori per fili atomici, scalini alla superficie e cluster di atomi. Verranno trattati gli stati eccitati: lo spettro fononico di superficie, eccitazioni elettroniche e magnetiche. Connessioni con la	Relevance of surfaces and interfaces in Nanoscience and Nanotechnology. The course will introduce: a) the surface excess quantities and thermodynamical properties of surfaces; b) the surface crystallographic structure with relaxation and reconstruction phenomena; c) the surface electronic ground state properties and the surface states; d) the surface magnetic properties. Specific cases for semiconductor, oxide and insulator surfaces, graphene and other ultrathin films will be discussed with respect to dimensionality with extension towards one and zero dimensions, i.e. atomic wires, surface steps and clusters. Excited states at surfaces will be treated: surface phonon spectra, surface electronic and magnetic excitations. Connections to	54	96	
FISICA APPLICATA	1	62739	LABORATORIO DI BIOFISICA	LAB OF BIOPHYSICS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento consente agli studenti di conoscere alcuni tra i principali metodi di indagine per lo studio delle proprietà fisiche dei sistemi biologici, sia dal punto di vista dei principi di funzionamento sia dal punto di vista dell'approccio sperimentale utilizzato in laboratorio.	The teaching enables students to become acquainted with some of the main methods of investigation for studying the physical properties of biological systems, both from the point of view of the principles of operation and the experimental approach used in the laboratory.	62	88	
FISICA APPLICATA	1	87007	FISICA DELL'ATMOSFERA E DISPERSIONE D'INQUINANTI	PHYSICS OF THE ATMOSPHERE AND DISPERSION OF POLLUTANTS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento intende fornire gli elementi base di fisica dell'atmosfera relativi allo strato limite ovvero rilevanti per la dispersione e trasporto degli inquinanti. Inoltre si affronteranno le tecniche di calcolo per la simulazione numerica dei fenomeni dispersivi e alla base di modelli diagnostici basati su dati sperimentali (modelli a recettore). L'insegnamento nel suo complesso intende presentare le tecniche allo stato dell'arte nel settore.	The teaching aims to provide the basic principles of atmospheric physics relating to the boundary layer, i.e. those relevant to the dispersion and transport of pollutants. It will also cover the computational techniques used for the numerical simulation of dispersion phenomena and underlying diagnostic models based on experimental data (receptor models). Overall, the teaching aims to present state-of-the-art techniques in the field.	56	94	

FISICA APPLICATA	1	87010	FISICA E TECNOLOGIA DEI MAGNETI SUPERCONDUTTORI	PHYSICS AND TECHNOLOGY OF SUPERCONDUCTOR MAGNETS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento fornisce le competenze di base per la progettazione di magneti per le macchine acceleratrici e introduce all'uso di strumenti computazionali per la soluzione di problemi che coinvolgono l'applicazione di equazioni differenziali alle derivate parziali in magnetostatica. Particolare enfasi viene data alla progettazione e costruzione di magneti superconduttori grazie anche al supporto esterno di ASG Superconductors.	The teaching provides the basic skills required for the design of magnets for particle accelerators and introduces students to the use of computational tools for solving problems involving the application of partial differential equations in magnetostatics. Particular emphasis is placed on the design and construction of superconducting magnets, thanks in part to external support from ASG Superconductors.	48	102	
FISICA APPLICATA	1	87011	FISICA APPLICATA ALLA BIOMEDICINA E AI BIOMATERIALI	PHYSICS APPLIED TO BIOMEDICINE AND BIOMATERIALS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	La diffrazione di raggi X è stata applicata con successo allo studio della struttura dimacromolecole biologiche, come per esempio le proteine. Questi studi strutturali si sono rivelati di fondamentale importanza nella ricerca applicata alla produzione di composti organici e di farmaci in particolare. Di qui l'interesse delle industrie chimiche e farmaceutiche a questa tecnica.	X-ray diffraction has been successfully applied to the study of the structure of biological macromolecules, such as proteins. These structural studies have proved to be of fundamental importance in research relating to the production of organic compounds and, in particular, pharmaceuticals. Hence the interest shown by the chemical and pharmaceutical industries	52	98	
FISICA APPLICATA	1	94888	OTTICA APPLICATA	APPLIED OPTICS	6	PHYS-03/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento illustra, sia attraverso lezioni che attività di laboratorio, alcune importanti applicazioni moderne dell'ottica.	The teaching illustrates, through both lectures and practical sessions, some important modern applications of optics.	62	88	
FISICA APPLICATA	1	107028	LINGUA INGLESE B2	ENGLISH LANGUAGE B2	3	ANGL-01/C	ALTRE ATTIVITA'	Ulteriori conoscenze linguistiche	Inglese	Consolidare il livello di conoscenza della lingua inglese corrispondente al livello B2 del QCER del Consiglio d'Europa sulle abilità di lettura, uso della lingua e ascolto.	Consolidate the knowledge of the English language at the B2 level as described in the CEFR of the European Council in the following skills: Reading, Use of English, and Listening.	24	51	
FISICA APPLICATA	1	109092	ACCELERATORI DI PARTICELLE	PARTICLE ACCELERATORS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento presenta lo stato dell'arte degli acceleratori di particelle attualmente in uso, descrivendone le caratteristiche salienti e le principali leggi fisiche e limitazioni tecnologiche che ne determinano le prestazioni.	The course presents the state of the art of particle accelerators currently in use, describing their main characteristics and the main physical laws and technological limitations that determine their performance.	48	102	
FISICA APPLICATA	1	111406	FLUIDODINAMICA GENERALE	FLUID DYNAMICS	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano	Obiettivo centrale dell'insegnamento è fornire allo studente un quadro generale, di base ma concettualmente organizzato, di un settore della fisica classica che, pur essendo assai interessante nelle suoi fondamenti teorici e simultaneamente di grande e molteplice utilità applicativa, non può tuttavia che essere trattato molto velocemente nell'ambito degli insegnamenti di base. Buona parte della fluidodinamica (instabilità, turbolenza, fluidi non newtoniani, etc.) costituisce a tutt'oggi importante oggetto di attiva ricerca, collegato in molti modi alle ricerche più attuali di fisica fondamentale.	The central objective of the course is to provide the student with a general framework, basic but conceptually organized, of a sector of classical physics which, although very interesting in its theoretical foundations and simultaneously of great and multiple application utility, can however only be treated very quickly within the basic teachings. A large part of fluid dynamics (instability, turbulence, non-Newtonian fluids, etc.) is still today an important object of active research, linked in many ways to the most current research in fundamental physics.	48	102	
FISICA APPLICATA	1	114683	FISICA DEI NEUTRONI	NEUTRON PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Microfisica della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L' insegnamento fornisce agli studenti le conoscenze dei meccanismi fisici su cui si basa il funzionamento dei reattori a fusione ed a fissione. In particolare come funziona il contenimento del plasma mediante campi magnetici nei reattori a fusione, come vengono prodotti e regolati i flussi di neutroni all'interno dei reattori a fissione, quali sono i processi utilizzati per la produzione e l'estrazione dell'energia, quali sono i sistemi di monitoraggio di produzione di energia. Verranno inoltre analizzati i reattori attualmente in funzione e di quelli di prossima generazione.	The teaching provides students with an understanding of the physical mechanisms underlying the operation of fusion and fission reactors. In particular, it covers how plasma confinement works using magnetic fields in fusion reactors, how neutron fluxes are produced and regulated within fission reactors, the processes used for energy production and extraction, and the systems used to monitor energy production. The course will also analyse reactors currently in operation and those of the next generation.	52	98	

FISICA APPLICATA	1	114699	FISICA QUANTISTICA AVANZATA	ADVANCED QUANTUM PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Fornire allo studente le basi della meccanica quantistica dei sistemi di molti corpi trattati nell'ambito della seconda quantizzazione, e familiarizzarlo con le applicazioni di tale metodo ad alcuni dei principali fenomeni fisici della fisica moderna.	To provide students with the fundamentals of quantum mechanics for many-body systems within the framework of second quantisation, and to familiarise them with the applications of this method to some of the key physical phenomena in modern physics.	60	90
FISICA APPLICATA	1	121776	OCEANOGRAFIA FISICA	PHYSICAL OCEANOGRAPHY	6	PHYS-05/B	AFFINIO INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	Il corso introduce i fondamenti della fluidodinamica geofisica applicata all'oceano e guida gli studenti, in modo progressivo, alla formulazione e analisi di un modello shallow-water di circolazione in un bacino forzato dal vento.	The course introduces the fundamentals of geophysical fluid dynamics as applied to the ocean and guides students, step by step, through the formulation and analysis of a shallow-water circulation model in a wind-driven basin.	52	98
FISICA APPLICATA	2	61738	BIOFISICA	BIOPHYSICS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano	Obiettivo dell'insegnamento è fornire allo studente gli elementi per la comprensione dei meccanismi che governano l'equilibrio fisico-chimico attraverso membrane modello, dei processi fondamentali del trasporto attraverso membrane biologiche, dei meccanismi elettrici alla base della trasmissione del segnale nervoso e delle interazioni che stabilizzano la struttura delle macromolecole e regolano i processi di riconoscimento molecolare.	The aim of the course is to provide the student with the elements for understanding the mechanisms that govern the physical-chemical equilibrium through model membranes, the fundamental processes of transport through biological membranes, the electrical mechanisms underlying the transmission of the nerve signal and the interactions that they stabilize the structure of macromolecules and regulate the processes of	52	98
FISICA APPLICATA	2	61863	FISICA DELLA MATERIA SOFFICE	SOFT MATTER PHYSICS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento introduce allo studio della materia caratterizzata da deboli interazioni tra costituenti poliatomici e da importanti effetti delle fluttuazioni termiche. Obiettivo dell'apprendimento è la conoscenza delle caratteristiche dei materiali soffici e delle interazioni che li governano, e la comprensione dei modelli che ne descrivono il comportamento.	Teaching introduces the study of matter characterized by weak interactions between polyatomic constituents and important effects of thermal fluctuations. The learning objective is knowledge of the characteristics of soft materials and the interactions that govern them, and an understanding of the models that describe their behavior.	52	98
FISICA APPLICATA	2	61871	FISICA DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI	PHYSICS OF IONIZING RADIATION	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Fornire agli studenti una panoramica delle applicazioni delle tecniche della fisica nucleare in vari campi lavorativi, che vanno dalla tecnologia, al campo sanitario-ambientale e all'arte.	To provide students with an overview of the applications of nuclear physics techniques in various fields of work, ranging from technology to the health and environmental sectors and the arts.	52	98
FISICA APPLICATA	2	61936	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	6	PHYS-03/A	AFFINIO INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Inglese	Il corso esplorerà la rilevanza di superfici e interfacce nella nanoscienza e per le nanotecnologie. Il corso introdurrà a) le quantità termodinamiche in eccesso alla superficie; b) la struttura cristallina alle superficie, rilassamento e ricostruzione, c) le proprietà dello stato elettronico fondamentale e la struttura a bande di superficie e gli stati elettronici di superficie; d) le proprietà magnetiche di superficie. Verranno discussi casi speciali relativi a superfici di semiconduttori, ossidi ed isolanti. Le proprietà di grafene, altri materiali bidimensionali e film ultrasottili verranno discussi rispetto alla dimensionalità con estensioni a dimensioni inferiori per fili atomici, scalini alla superficie e cluster di atomi. Verranno trattati gli stati eccitati: lo spettro fononico di superficie, eccitazioni elettroniche e magnetiche. Connessioni con la	Relevance of surfaces and interfaces in Nanoscience and Nanotechnology. The course will introduce: a) the surface excess quantities and thermodynamical properties of surfaces; b) the surface crystallographic structure with relaxation and reconstruction phenomena; c) the surface electronic ground state properties and the surface states; d) the surface magnetic properties. Specific cases for semiconductor, oxide and insulator surfaces, graphene and other ultrathin films will be discussed with respect to dimensionality with extension towards one and zero dimensions, i.e atomic wires, surface steps and clusters. Excited states at surfaces will be treated: surface phonon spectra, surface electronic and magnetic excitations. Connections to	54	96
FISICA APPLICATA	2	62739	LABORATORIO DI BIOFISICA	LAB OF BIOPHYSICS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento consente agli studenti di conoscere alcuni tra i principali metodi di indagine per lo studio delle proprietà fisiche dei sistemi biologici, sia dal punto di vista dei principi di funzionamento sia dal punto di vista dell'approccio sperimentale utilizzato in laboratorio.	The teaching enables students to become acquainted with some of the main methods of investigation for studying the physical properties of biological systems, both from the point of view of the principles of operation and the experimental approach used in the laboratory.	62	88

FISICA APPLICATA	2	72740	TESI	FINAL THESIS	45		PROVA FINALE	Per la prova finale	Italiano (Inglese a richiesta)			0	1125	
FISICA APPLICATA	2	87007	FISICA DELL'ATMOSFERA E DISPERSIONE D'INQUINANTI	PHYSICS OF THE ATMOSPHERE AND DISPERSION OF POLLUTANTS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento intende fornire gli elementi base di fisica dell'atmosfera relativi allo strato limite ovvero rilevanti per la dispersione e trasporto degli inquinanti. Inoltre si affronteranno le tecniche di calcolo per la simulazione numerica dei fenomeni dispersivi e alla base di modelli diagnostici basati su dati sperimentali (modelli a recettore). L'insegnamento nel suo complesso intende presentare le tecniche allo stato dell'arte nel settore.	The teaching aims to provide the basic principles of atmospheric physics relating to the boundary layer, i.e. those relevant to the dispersion and transport of pollutants. It will also cover the computational techniques used for the numerical simulation of dispersion phenomena and underlying diagnostic models based on experimental data (receptor models). Overall, the teaching aims to present state-of-the-art techniques in the field.	56	94	
FISICA APPLICATA	2	87010	FISICA E TECNOLOGIA DEI MAGNETI SUPERCONDUTTORI	PHYSICS AND TECHNOLOGY OF SUPERCONDUCTOR MAGNETS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento fornisce le competenze di base per la progettazione di magneti per le macchine acceleratrici e introduce all'uso di strumenti computazionali per la soluzione di problemi che coinvolgono l'applicazione di equazioni differenziali alle derivate parziali in magnetostatica. Particolare enfasi viene data alla progettazione e costruzione di magneti superconduttori grazie anche al supporto esterno di ASG Superconductors.	The teaching provides the basic skills required for the design of magnets for particle accelerators and introduces students to the use of computational tools for solving problems involving the application of partial differential equations in magnetostatics. Particular emphasis is placed on the design and construction of superconducting magnets, thanks in part to external support from ASG Superconductors.	48	102	
FISICA APPLICATA	2	87011	FISICA APPLICATA ALLA BIOMEDICINA E AI BIOMATERIALI	PHYSICS APPLIED TO BIOMEDICINE AND BIOMATERIALS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	La diffrazione di raggi X è stata applicata con successo allo studio della struttura dimacromolecole biologiche, come per esempio le proteine. Questi studi strutturali si sono rivelati di fondamentale importanza nella ricerca applicata alla produzione di composti organici e di farmaci in particolare. Di qui l'interesse delle industrie chimiche e farmaceutiche a questa tecnica.	X-ray diffraction has been successfully applied to the study of the structure of biological macromolecules, such as proteins. These structural studies have proved to be of fundamental importance in research relating to the production of organic compounds and, in particular, pharmaceuticals. Hence the interest shown by the chemical and pharmaceutical industries	52	98	
FISICA APPLICATA	2	94888	OTTICA APPLICATA	APPLIED OPTICS	6	PHYS-03/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento illustra, sia attraverso lezioni che attività di laboratorio, alcune importanti applicazioni moderne dell'ottica.	The teaching illustrates, through both lectures and practical sessions, some important modern applications of optics.	62	88	
FISICA APPLICATA	2	109092	ACCELERATORI DI PARTICELLE	PARTICLE ACCELERATORS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento presenta lo stato dell'arte degli acceleratori di particelle attualmente in uso, descrivendone le caratteristiche salienti e le principali leggi fisiche e limitazioni tecnologiche che ne determinano le prestazioni.	The course presents the state of the art of particle accelerators currently in use, describing their main characteristics and the main physical laws and technological limitations that determine their performance.	48	102	
FISICA APPLICATA	2	111406	FLUIDODINAMICA GENERALE	FLUID DYNAMICS	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano	Obiettivo centrale dell'insegnamento è fornire allo studente un quadro generale, di base ma concettualmente organizzato, di un settore della fisica classica che, pur essendo assai interessante nelle suoi fondamenti teorici e simultaneamente di grande e molteplice utilità applicativa, non può tuttavia che essere trattato molto velocemente nell'ambito degli insegnamenti di base. Buona parte della fluidodinamica (instabilità, turbolenza, fluidi non newtoniani, etc.) costituisce a tutt'oggi importante oggetto di attiva ricerca, collegato in molti modi alle ricerche più attuali di fisica fondamentale.	The central objective of the course is to provide the student with a general framework, basic but conceptually organized, of a sector of classical physics which, although very interesting in its theoretical foundations and simultaneously of great and multiple application utility, can however only be treated very quickly within the basic teachings. A large part of fluid dynamics (instability, turbulence, non-Newtonian fluids, etc.) is still today an important object of active research, linked in many ways to the most current research in fundamental physics.	48	102	
FISICA APPLICATA	2	121776	OCEANOGRAFIA FISICA	PHYSICAL OCEANOGRAPHY	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	Il corso introduce i fondamenti della fluidodinamica geofisica applicata all'oceano e guida gli studenti, in modo progressivo, alla formulazione e analisi di un modello shallow-water di circolazione in un bacino forzato dal vento.	The course introduces the fundamentals of geophysical fluid dynamics as applied to the ocean and guides students, step by step, through the formulation and analysis of a shallow-water circulation model in a wind-driven basin.	52	98	

FISICA DELLA MATERIA	1	61738	BIOFISICA	BIOPHYSICS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano	Obiettivo dell'insegnamento è fornire allo studente gli elementi per la comprensione dei meccanismi che governano l'equilibrio fisico-chimico attraverso membrane modello, dei processi fondamentali del trasporto attraverso membrane biologiche, dei meccanismi elettrici alla base della trasmissione del segnale nervoso e delle interazioni che stabilizzano la struttura delle macromolecole e regolano i processi di riconoscimento molecolare.	The aim of the course is to provide the student with the elements for understanding the mechanisms that govern the physical-chemical equilibrium through model membranes, the fundamental processes of transport through biological membranes, the electrical mechanisms underlying the transmission of the nerve signal and the interactions that they stabilize the structure of macromolecules and regulate the processes of	52	98
FISICA DELLA MATERIA	1	61842	FISICA TEORICA	THEORETICAL PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Fornire allo studente le basi dell'estensione relativistica della meccanica quantistica, della generalizzazione relativistica della teoria dello scattering e della teoria covariante delle perturbazioni.	To provide students with the fundamentals of the relativistic extension of quantum mechanics, the relativistic generalisation of scattering theory, and the covariant theory of perturbations.	56	94
FISICA DELLA MATERIA	1	61844	FISICA DELLA MATERIA 2	MATTER PHYSICS 2	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	Questo insegnamento si propone di fornire i fondamenti della fisica dei solidi, con particolare attenzione alle proprietà elettroniche. L'obiettivo principale è quello di spiegare la dinamica degli elettroni all'interno dei solidi cristallini con particolare enfasi ai semiconduttori. Verranno inoltre spiegate le principali proprietà magnetiche dei solidi, tra cui il ferromagnetismo. Infine si getteranno le basi teoriche per una comprensione del comportamento dei superconduttori e delle loro proprietà di trasporto	This teaching aims to provide the fundamentals of solid-state physics, with a particular focus on electronic properties. The main objective is to explain the dynamics of electrons within crystalline solids, with particular emphasis on semiconductors. The main magnetic properties of solids, including ferromagnetism, will also be explained. Finally, the theoretical foundations will be laid for an understanding of the behaviour of superconductors and their transport properties.	56	94
FISICA DELLA MATERIA	1	61847	FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI 1	PARTICLE PHYSICS 1	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si prefigge di fornire un'introduzione alla fenomenologia e alla modellistica della fisica delle particelle.	The teaching aims to provide an introduction to the phenomenology and modelling of particle physics.	60	90
FISICA DELLA MATERIA	1	61862	LABORATORIO DI FISICA DELLA MATERIA	MATTER PHYSICS LABORATORY	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di presentare e sperimentare i principali metodi di investigazione a livello nanoscopico delle proprietà morfologiche-cristallografiche e spettroscopiche della materia sia nel volume che alla superficie.	The teaching aims to present and experiment with the main methods of investigating at the nanoscopic level the morphological-cystallographic and spectroscopic properties of matter both in volume and at the surface.	62	88
FISICA DELLA MATERIA	1	61863	FISICA DELLA MATERIA SOFFICE	SOFT MATTER PHYSICS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento introduce allo studio della materia caratterizzata da deboli interazioni tra costituenti poliatomici e da importanti effetti delle fluttuazioni termiche. Obiettivo dell'apprendimento è la conoscenza delle caratteristiche dei materiali soffici e delle interazioni che li governano, e la comprensione dei modelli che ne descrivono il comportamento.	Teaching introduces the study of matter characterized by weak interactions between polyatomic constituents and important effects of thermal fluctuations. The learning objective is knowledge of the characteristics of soft materials and the interactions that govern them, and an understanding of the models that describe their behavior.	52	98
FISICA DELLA MATERIA	1	61864	SPETTROSCOPIE E MATERIALI PER LA FOTONICA	SPECTROSCOPIES AND MATERIALS FOR PHOTONICS	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	Gli studenti matureranno competenze aggiornate sull'applicazione dei metodi spettroscopici allo studio delle proprietà ottiche di nano-materiali composti di interesse nel campo della fotonica. Attraverso l'attività di laboratorio, dimostrativa ed esperienziale, gli studenti acquisiranno competenze di base di spettroscopia ottica e di ellissometria spettroscopica.	Students will develop up-to-date skills on the application of spectroscopic methods to the study of the optical properties of composite nano-materials of interest in the field of photonics. Through laboratory, demonstration and experiential activities, students will acquire basic skills in optical spectroscopy and spectroscopic ellipsometry.	55	95

FISICA DELLA MATERIA	1	61865	SUPERCONDU TTVITA'	SUPERCONDU CTIVITY	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento presenta gli aspetti fenomenologici e teorici di base per comprendere le proprietà dei materiali superconduttori. Obiettivo principale è fornire gli elementi indispensabili per interpretare il comportamento dei superconduttori e delle loro applicazioni partendo dalle teorie fenomenologiche di Ginzburg e Landau e dal quelle microscopiche BCS.	The teaching presents the basic phenomenological and theoretical aspects for understanding the properties of superconducting materials. The main objective is to provide the indispensable elements for interpreting the behavior of superconductors and their applications starting from the phenomenological theories of Ginzburg and Landau and the BCS microscopic theories.	52	98	
FISICA DELLA MATERIA	1	61875	RELATIVITA' GENERALE	GENERAL RELATIVITY	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Esposizione della teoria di Einstein delle interazioni gravitazionali con le sue principali conseguenze e applicazioni.	An overview of Einstein's theory of gravitational interactions, including its main implications and applications.	56	94	
FISICA DELLA MATERIA	1	61936	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	6	PHYS-03/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Inglese	Il corso esplorerà la rilevanza di superfici e interfacce nella nanoscienza e per le nanotecnologie. Il corso introdurrà a) le quantità termodinamiche in eccesso alla superficie; b) la struttura cristallina alle superficie, rilassamento e ricostruzione, c) le proprietà dello stato elettronico fondamentale e la struttura a bande di superficie e gli stati elettronici di superficie; d) le proprietà magnetiche di superficie. Verranno discussi casi speciali relativi a superfici di semiconduttori, ossidi ed isolanti. Le proprietà di grafene, altri materiali bidimensionali e film ultrasottili verranno discussi rispetto alla dimensionalità con estensioni a dimensioni inferiori per fili atomici, scalini alla superficie e cluster di atomi. Verranno trattati gli stati eccitati: lo spettro fononico di superficie, eccitazioni elettroniche e magnetiche. Connessioni con la	Relevance of surfaces and interfaces in Nanoscience and Nanotechnology. The course will introduce: a) the surface excess quantities and thermodynamical properties of surfaces; b) the surface crystallographic structure with relaxation and reconstruction phenomena; c) the surface electronic ground state properties and the surface states; d) the surface magnetic properties. Specific cases for semiconductor, oxide and insulator surfaces, graphene and other ultrathin films will be discussed with respect to dimensionality with extension towards one and zero dimensions, i.e atomic wires, surface steps and clusters. Excited states at surfaces will be treated: surface phonon spectra, surface electronic and magnetic excitations. Connections to	54	96	
FISICA DELLA MATERIA	1	62421	MATERIALI E DISPOSITIVI PER L'ELETTRONICA	MATERIALS AND DEVICES FOR ELECTRONICS	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di indagare e comprendere i meccanismi fisici alla base del funzionamento dei principali dispositivi utilizzati in elettronica e optoelettronica, partendo dalle proprietà dei materiali utilizzati per arrivare ai più recenti sviluppi tecnologici.	The teaching aims to investigate and understand the physical mechanisms underlying the operation of the main devices used in electronics and optoelectronics, starting from the properties of the materials used to the most recent technological	52	98	
FISICA DELLA MATERIA	1	62424	LABORATORIO DI TERMODINAMICA AVANZATA	LAB OF ADVANCED THERMODYNAMICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Acquisizione di conoscenze e metodologie sperimentali avanzate di termodinamica applicata alle basse temperature e alla rivelazione di radiazioni, sensori termici ed elettronica associata.	Acquisition of knowledge and advanced experimental methodologies of thermodynamics applied to low temperatures and to the detection of radiation, thermal sensors and associated electronics.	62	88	
FISICA DELLA MATERIA	1	62739	LABORATORIO DI BIOFISICA	LAB OF BIOPHYSICS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento consente agli studenti di conoscere alcuni tra i principali metodi di indagine per lo studio delle proprietà fisiche dei sistemi biologici, sia dal punto di vista dei principi di funzionamento sia dal punto di vista dell'approccio sperimentale utilizzato in laboratorio.	The teaching enables students to become acquainted with some of the main methods of investigation for studying the physical properties of biological systems, both from the point of view of the principles of operation and the experimental approach used in the laboratory.	62	88	
FISICA DELLA MATERIA	1	66800	TEORIA QUANTISTICA DI SISTEMI ELETTRONICI E FOTONICI	QUANTUM THEORY OF ELECTRONIC AND PHOTONIC SYSTEMS	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento fornisce una base teorica per comprendere le proprietà quantistiche fuori equilibrio di sistemi a molti corpi sia elettronici che fotonici. Obiettivo principale è fornire un quadro esaustivo del loro comportamento evidenziando, nel regime fuori equilibrio, fenomeni prettamente quantistici quali la quantizzazione, l'interferenza e la correlazione. Saranno forniti i fondamenti e le metodologie teoriche necessarie per la trattazione e comprensione di questi sistemi.	The teaching provides a theoretical foundation for understanding the non-equilibrium quantum properties of both electronic and photonic many-body systems. The main objective is to provide a comprehensive overview of their behaviour, highlighting, in the non-equilibrium regime, purely quantum phenomena such as quantisation, interference and correlation. The course will cover the fundamentals and theoretical methodologies necessary for the analysis and understanding of these systems.	52	98	

FISICA DELLA MATERIA	1	68873	ELETTRONICA APPLICATA	APPLIED ELECTRONICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di studiare il principio fisico, i principali aspetti costruttivi e applicazioni dei moderni sensori e strumenti. Gli studenti acquisiranno capacità di progettare modelli e usare schematizzazioni con piena coscienza delle limitazioni connesse.	The course aims to study the physical principle, the main constructive aspects and applications of modern sensors and instruments. Students will acquire the ability to design models and use schematizations with full awareness of the limitations involved.	62	88
FISICA DELLA MATERIA	1	87010	FISICA E TECNOLOGIA DEI MAGNETI SUPERCONDUTTORI	PHYSICS AND TECHNOLOGY OF SUPERCONDUCTOR MAGNETS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento fornisce le competenze di base per la progettazione di magneti per le macchine acceleratrici e introduce all'uso di strumenti computazionali per la soluzione di problemi che coinvolgono l'applicazione di equazioni differenziali alle derivate parziali in magnetostatica. Particolare enfasi viene data alla progettazione e costruzione di magneti superconduttori grazie anche al supporto esterno di ASG Superconductors.	The teaching provides the basic skills required for the design of magnets for particle accelerators and introduces students to the use of computational tools for solving problems involving the application of partial differential equations in magnetostatics. Particular emphasis is placed on the design and construction of superconducting magnets, thanks in part to external support from ASG Superconductors.	48	102
FISICA DELLA MATERIA	1	87011	FISICA APPLICATA ALLA BIOMEDICINA E AI BIOMATERIALI	PHYSICS APPLIED TO BIOMEDICINE AND BIOMATERIALS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	La diffrazione di raggi X è stata applicata con successo allo studio della struttura di macromolecole biologiche, come per esempio le proteine. Questi studi strutturali si sono rivelati di fondamentale importanza nella ricerca applicata alla produzione di composti organici e di farmaci in particolare. Di qui l'interesse delle industrie chimiche e farmaceutiche a questa tecnica.	X-ray diffraction has been successfully applied to the study of the structure of biological macromolecules, such as proteins. These structural studies have proved to be of fundamental importance in research relating to the production of organic compounds and, in particular, pharmaceuticals. Hence the interest shown by the chemical and pharmaceutical industries	52	98
FISICA DELLA MATERIA	1	94888	OTTICA APPLICATA	APPLIED OPTICS	6	PHYS-03/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento illustra, sia attraverso lezioni che attività di laboratorio, alcune importanti applicazioni moderne dell'ottica.	The teaching illustrates, through both lectures and practical sessions, some important modern applications of optics.	62	88
FISICA DELLA MATERIA	1	98890	METODI DI SIMULAZIONE APPLICATI ALLA FISICA	SIMULATION METHODS APPLIED TO PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Obiettivo dell'insegnamento e' fornire gli strumenti di comprensione, sia sotto il profilo matematico, sia sotto quello fisico, della simulazione Monte Carlo del trasporto di particelle e radiazione nella materia.	The aim of the teaching is to provide the tools for understanding, from both a mathematical and a physical perspective, the Monte Carlo simulation of particle and radiation transport in matter.	48	102
FISICA DELLA MATERIA	1	101938	METODI COMPUTAZIONALI PER LA FISICA DELLA MATERIA	COMPUTATIONAL METHODS FOR MATTER PHYSICS	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	Gli obiettivi formativi dell'insegnamento sono: apprendimento dei concetti di energy landscape e di free-energy landscape, apprendimento dei principi alla base dei metodi per l'esplorazione dell'energy landscape per sistemi complessi, apprendimento dei concetti di variabili collettive e di free-energy landscape, apprendimento dei metodi più importanti per l'esplorazione dell'energy landscape, acquisizione della capacità di elaborare e utilizzare software per lo studio dei sistemi complessi di interesse nella fisica della materia e nella biofisica.	The teaching objectives of the course are: to learn the concepts of the energy landscape and the free-energy landscape; to learn the principles underlying methods for exploring the energy landscape of complex systems; to learn the concepts of collective variables and the free-energy landscape; learning the most important methods for exploring the energy landscape, and acquiring the ability to develop and use software for the study of complex systems of interest in condensed matter physics and biophysics.	52	98
FISICA DELLA MATERIA	1	102447	FASI TOPOLOGICHE DELLA MATERIA CONDENSATA	TOPOLOGICAL PHASES OF CONDENSED MATTER	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'obiettivo principale è quello di fornire le basi per comprendere la fisica dei sistemi topologici di materia condensata. In particolare, si porrà l'attenzione sui modelli reticolari per fermioni e spin. L'origine della quantizzazione topologica di osservabili come la conduttanza Hall e la carica trasportata nel modello di Rice Mele verrà spiegata nel dettaglio. I gli stati legati topologici saranno altresì discussi. Le potenziali applicazioni tecnologiche verranno infine illustrate.	The main objective is to provide the foundations for understanding the physics of topological systems in condensed matter. In particular, the focus will be on lattice models for fermions and spins. The origin of the topological quantisation of observables such as Hall conductance and charge transport in the Rice-Mele model will be explained in detail. Topological bound states will also be discussed. Finally, potential technological applications will be outlined.	48	102
FISICA DELLA MATERIA	1	107028	LINGUA INGLESE B2	ENGLISH LANGUAGE B2	3	ANGL-01/C	ALTRE ATTIVITA'	Ulteriori conoscenze linguistiche	Inglese	Consolidare il livello di conoscenza della lingua inglese corrispondente al livello B2 del QCER del Consiglio d'Europa sulle abilità di lettura, uso della lingua e ascolto.	Consolidate the knowledge of the English language at the B2 level as described in the CEFR of the European Council in the following skills: Reading, Use of English, and Listening.	24	51

FISICA DELLA MATERIA	1	109092	ACCELERATORI DI PARTICELLE	PARTICLE ACCELERATORS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento presenta lo stato dell'arte degli acceleratori di particelle attualmente in uso, descrivendone le caratteristiche salienti e le principali leggi fisiche e limitazioni tecnologiche che ne determinano le prestazioni.	The course presents the state of the art of particle accelerators currently in use, describing their main characteristics and the main physical laws and technological limitations that determine their performance.	48	102
FISICA DELLA MATERIA	1	111406	FLUIDODINAMICA GENERALE	FLUID DYNAMICS	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano	Obiettivo centrale dell'insegnamento è fornire allo studente un quadro generale, di base ma concettualmente organizzato, di un settore della fisica classica che, pur essendo assai interessante nelle sue fondamenta teoriche e simultaneamente di grande e molteplice utilità applicativa, non può tuttavia che essere trattato molto velocemente nell'ambito degli insegnamenti di base. Buona parte della fluidodinamica (instabilità, turbolenza, fluidi non newtoniani, etc.) costituisce a tutt'oggi importante oggetto di attiva ricerca, collegato in molti modi alle ricerche più attuali di fisica fondamentale.	The central objective of the course is to provide the student with a general framework, basic but conceptually organized, of a sector of classical physics which, although very interesting in its theoretical foundations and simultaneously of great and multiple application utility, can however only be treated very quickly within the basic teachings. A large part of fluid dynamics (instability, turbulence, non-Newtonian fluids, etc.) is still today an important object of active research, linked in many ways to the most current research in fundamental physics.	48	102
FISICA DELLA MATERIA	1	114683	FISICA DEI NEUTRONI	NEUTRON PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento fornisce agli studenti le conoscenze dei meccanismi fisici su cui si basa il funzionamento dei reattori a fusione ed a fissione. In particolare come funziona il contenimento del plasma mediante campi magnetici nei reattori a fusione, come vengono prodotti e regolati i flussi di neutroni all'interno dei reattori a fissione, quali sono i processi utilizzati per la produzione e l'estrazione dell'energia, quali sono i sistemi di monitoraggio di produzione di energia. Verranno inoltre analizzati i reattori attualmente in funzione e di quelli di prossima generazione.	The teaching provides students with an understanding of the physical mechanisms underlying the operation of fusion and fission reactors. In particular, it covers how plasma confinement works using magnetic fields in fusion reactors, how neutron fluxes are produced and regulated within fission reactors, the processes used for energy production and extraction, and the systems used to monitor energy production. The course will also analyse reactors currently in operation and those of the next generation.	52	98
FISICA DELLA MATERIA	1	114699	FISICA QUANTISTICA AVANZATA	ADVANCED QUANTUM PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Fornire allo studente le basi della meccanica quantistica dei sistemi di molti corpi trattati nell'ambito della seconda quantizzazione, e familiarizzarlo con le applicazioni di tale metodo ad alcuni dei principali fenomeni fisici della fisica moderna.	To provide students with the fundamentals of quantum mechanics for many-body systems within the framework of second quantisation, and to familiarise them with the applications of this method to some of the key physical phenomena in modern physics.	60	90
FISICA DELLA MATERIA	1	118327	SOLAR ENERGY AND SOLAR CELLS	SOLAR ENERGY AND SOLAR CELLS	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Inglese	Il corso, erogato nel secondo semestre, guiderà gli studenti verso una comprensione approfondita del potenziale dell'energia solare per soddisfare il fabbisogno energetico dell'umanità, esplorando lo spettro delle tecnologie di conversione dell'energia solare, con un forte accento sul fotovoltaico (PV). Inizialmente, gli studenti acquisiranno conoscenze sui principi fisici dell'interazione luce-materia, collegando la risposta ottica alla struttura elettronica a bande dei materiali rilevanti per le tecnologie fotovoltaiche. Successivamente, apprenderanno il potenziale della radiazione solare e impareranno a utilizzare database di radiazione solare per valutare le prestazioni di un impianto fotovoltaico in una specifica località. Comprenderanno le basi fisiche dell'effetto fotovoltaico e delle	The course, delivered in the second semester, will guide students toward a thorough understanding of the potential of solar energy to meet humankind's power needs by exploring a diverse portfolio of renewable energy conversion technologies, with a strong emphasis on photovoltaics (PV). First, they will gain insight into the physical basis of light-matter interaction, linking the optical response to the electronic band structure of materials relevant to PV technologies. Subsequently, they will acquire knowledge about solar energy radiation potential and learn how to apply solar radiation databases to assess the performance of a PV plant in a specific location. They will understand the physical foundation of the photovoltaic effect and first generation PV technologies, which are	52	98

FISICA DELLA MATERIA	1	118354	NANOSTRUCTURES	NANOSTRUCTURES	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Inglese	Conoscenza delle principali tecniche sperimentali specifiche del campo. Lettura ed approfondimento di un articolo scientifico. Introduzione ad un approccio sperimentale multidisciplinare. Alla fine del corso, lo studente deve avere acquisito autonomia nel leggere criticamente un articolo scientifico, comprendendone la parte modellistica e quella sperimentale. Inoltre deve essere in grado di esporre un argomento in modo chiaro ed esauriente.	Knowledge of the main experimental techniques specific to the field. Reading and deepening of a scientific article. Introduction to a multidisciplinary experimental approach. By the end of the course, the student must have gained autonomy in critically reading a scientific article, understanding its modeling and experimental parts. He or she must also be able to expound an argument clearly and comprehensively. Considering the topics covered, the teaching is suitable for the professional profile choice "Materials Scientist: research specialist."	48	102
FISICA DELLA MATERIA	1	121776	OCEANOGRAFIA FISICA	PHYSICAL OCEANOGRAPHY	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	Il corso introduce i fondamenti della fluidodinamica geofisica applicata all'oceano e guida gli studenti, in modo progressivo, alla formulazione e analisi di un modello shallow-water di circolazione in un bacino forzato dal vento.	The course introduces the fundamentals of geophysical fluid dynamics as applied to the ocean and guides students, step by step, through the formulation and analysis of a shallow-water circulation model in a wind-driven basin.	52	98
FISICA DELLA MATERIA	2	61738	BIOFISICA	BIOPHYSICS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano	Obiettivo dell'insegnamento è fornire allo studente gli elementi per la comprensione dei meccanismi che governano l'equilibrio fisico-chimico attraverso membrane modello, dei processi fondamentali del trasporto attraverso membrane biologiche, dei meccanismi elettrici alla base della trasmissione del segnale nervoso e delle interazioni che stabilizzano la struttura delle macromolecole e regolano i processi di riconoscimento molecolare.	The aim of the course is to provide the student with the elements for understanding the mechanisms that govern the physical-chemical equilibrium through model membranes, the fundamental processes of transport through biological membranes, the electrical mechanisms underlying the transmission of the nerve signal and the interactions that they stabilize the structure of macromolecules and regulate the processes of	52	98
FISICA DELLA MATERIA	2	61862	LABORATORIO DI FISICA DELLA MATERIA	MATTER PHYSICS LABORATORY	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di presentare e sperimentare i principali metodi di investigazione a livello nanoscopico delle proprietà morfologiche-cristallografiche e spettroscopiche della materia sia nel volume che alla superficie.	The teaching aims to present and experiment with the main methods of investigating at the nanoscopic level the morphological-crystallographic and spectroscopic properties of matter both in volume and at the surface.	62	88
FISICA DELLA MATERIA	2	61863	FISICA DELLA MATERIA SOFFICE	SOFT MATTER PHYSICS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento introduce allo studio della materia caratterizzata da deboli interazioni tra costituenti poliatomici e da importanti effetti delle fluttuazioni termiche. Obiettivo dell'apprendimento è la conoscenza delle caratteristiche dei materiali soffici e delle interazioni che li governano, e la comprensione dei modelli che ne descrivono il comportamento.	Teaching introduces the study of matter characterized by weak interactions between polyatomic constituents and important effects of thermal fluctuations. The learning objective is knowledge of the characteristics of soft materials and the interactions that govern them, and an understanding of the models that describe their behavior.	52	98
FISICA DELLA MATERIA	2	61864	SPETTROSCOPIE E MATERIALI PER LA FOTONICA	SPECTROSCOPIES AND MATERIALS FOR PHOTONICS	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	Gli studenti matureranno competenze aggiornate sull'applicazione dei metodi spettroscopici allo studio delle proprietà ottiche di nano-materiali composti di interesse nel campo della fotonica. Attraverso l'attività di laboratorio, dimostrativa ed esperienziale, gli studenti acquisiranno competenze di base di spettroscopia ottica e di ellissometria spettroscopica.	Students will develop up-to-date skills on the application of spectroscopic methods to the study of the optical properties of composite nano-materials of interest in the field of photonics. Through laboratory, demonstration and experiential activities, students will acquire basic skills in optical spectroscopy and spectroscopic ellipsometry.	55	95

FISICA DELLA MATERIA	2	61865	SUPERCONDU TTVITA'	SUPERCONDU CTIVITY	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento presenta gli aspetti fenomenologici e teorici di base per comprendere le proprietà dei materiali superconduttori. Obiettivo principale è fornire gli elementi indispensabili per interpretare il comportamento dei superconduttori e delle loro applicazioni partendo dalle teorie fenomenologiche di Ginzburg e Landau e dal quelle microscopiche BCS.	The teaching presents the basic phenomenological and theoretical aspects for understanding the properties of superconducting materials. The main objective is to provide the indispensable elements for interpreting the behavior of superconductors and their applications starting from the phenomenological theories of Ginzburg and Landau and the BCS microscopic theories.	52	98
FISICA DELLA MATERIA	2	61936	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	6	PHYS-03/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Inglese	Il corso esplorerà la rilevanza di superfici e interfacce nella nanoscienza e per le nanotecnologie. Il corso introdurrà a) le quantità termodinamiche in eccesso alla superficie; b) la struttura cristallina alle superficie, rilassamento e ricostruzione, c) le proprietà dello stato elettronico fondamentale e la struttura a bande di superficie e gli stati elettronici di superficie; d) le proprietà magnetiche di superficie. Verranno discussi casi speciali relativi a superfici di semiconduttori, ossidi ed isolanti. Le proprietà di grafene, altri materiali bidimensionali e film ultrasottili verranno discussi rispetto alla dimensionalità con estensioni a dimensioni inferiori per fili atomici, scalini alla superficie e cluster di atomi. Verranno trattati gli stati eccitati: lo spettro fononico di superficie, eccitazioni elettroniche e magnetiche. Connessioni con la	Relevance of surfaces and interfaces in Nanoscience and Nanotechnology. The course will introduce: a) the surface excess quantities and thermodynamical properties of surfaces; b) the surface crystallographic structure with relaxation and reconstruction phenomena; c) the surface electronic ground state properties and the surface states; d) the surface magnetic properties. Specific cases for semiconductor, oxide and insulator surfaces, graphene and other ultrathin films will be discussed with respect to dimensionality with extension towards one and zero dimensions, i.e atomic wires, surface steps and clusters. Excited states at surfaces will be treated: surface phonon spectra, surface electronic and magnetic excitations. Connections to	54	96
FISICA DELLA MATERIA	2	62421	MATERIALI E DISPOSITIVI PER L'ELETTRONICA	MATERIALS AND DEVICES FOR ELECTRONICS	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di indagare e comprendere i meccanismi fisici alla base del funzionamento dei principali dispositivi utilizzati in elettronica e optoelettronica, partendo dalle proprietà dei materiali utilizzati per arrivare ai più recenti sviluppi tecnologici.	The teaching aims to investigate and understand the physical mechanisms underlying the operation of the main devices used in electronics and optoelectronics, starting from the properties of the materials used to the most recent technological	52	98
FISICA DELLA MATERIA	2	62424	LABORATORIO DI TERMODINAMICA AVANZATA	LAB OF ADVANCED THERMODYNAMICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Acquisizione di conoscenze e metodologie sperimentali avanzate di termodinamica applicata alle basse temperature e alla rivelazione di radiazioni, sensori termici ed elettronica associata.	Acquisition of knowledge and advanced experimental methodologies of thermodynamics applied to low temperatures and to the detection of radiation, thermal sensors and associated electronics.	62	88
FISICA DELLA MATERIA	2	62739	LABORATORIO DI BIOFISICA	LAB OF BIOPHYSICS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento consente agli studenti di conoscere alcuni tra i principali metodi di indagine per lo studio delle proprietà fisiche dei sistemi biologici, sia dal punto di vista dei principi di funzionamento sia dal punto di vista dell'approccio sperimentale utilizzato in laboratorio.	The teaching enables students to become acquainted with some of the main methods of investigation for studying the physical properties of biological systems, both from the point of view of the principles of operation and the experimental approach used in the laboratory.	62	88
FISICA DELLA MATERIA	2	66800	TEORIA QUANTISTICA DI SISTEMI ELETTRONICI E FOTONICI	QUANTUM THEORY OF ELECTRONIC AND PHOTONIC SYSTEMS	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento fornisce una base teorica per comprendere le proprietà quantistiche fuori equilibrio di sistemi a molti corpi sia elettronici che fotonici. Obiettivo principale è fornire un quadro esaustivo del loro comportamento evidenziando, nel regime fuori equilibrio, fenomeni prettamente quantistici quali la quantizzazione, l'interferenza e la correlazione. Saranno forniti i fondamenti e le metodologie teoriche necessarie per la trattazione e comprensione di questi sistemi.	The teaching provides a theoretical foundation for understanding the non-equilibrium quantum properties of both electronic and photonic many-body systems. The main objective is to provide a comprehensive overview of their behaviour, highlighting, in the non-equilibrium regime, purely quantum phenomena such as quantisation, interference and correlation. The course will cover the fundamentals and theoretical methodologies necessary for the analysis and understanding of these systems.	52	98

FISICA DELLA MATERIA	2	68873	ELETTRONICA APPLICATA	APPLIED ELECTRONICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di studiare il principio fisico, i principali aspetti costruttivi e applicazioni dei moderni sensori e strumenti. Gli studenti acquisiranno capacità di progettare modelli e usare schematizzazioni con piena coscienza delle limitazioni connesse.	The course aims to study the physical principle, the main constructive aspects and applications of modern sensors and instruments. Students will acquire the ability to design models and use schematizations with full awareness of the limitations involved.	62	88	
FISICA DELLA MATERIA	2	72740	TESI	FINAL THESIS	45		PROVA FINALE	Per la prova finale	Italiano (Inglese a richiesta)			0	1125	
FISICA DELLA MATERIA	2	87010	FISICA E TECNOLOGIA DEI MAGNETI SUPERCONDUTTORI	PHYSICS AND TECHNOLOGY OF SUPERCONDUCTOR MAGNETS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento fornisce le competenze di base per la progettazione di magneti per le macchine acceleratrici e introduce all'uso di strumenti computazionali per la soluzione di problemi che coinvolgono l'applicazione di equazioni differenziali alle derivate parziali in magnetostatica. Particolare enfasi viene data alla progettazione e costruzione di magneti superconduttori grazie anche al supporto esterno di ASG Superconductors.	The teaching provides the basic skills required for the design of magnets for particle accelerators and introduces students to the use of computational tools for solving problems involving the application of partial differential equations in magnetostatics. Particular emphasis is placed on the design and construction of superconducting magnets, thanks in part to external support from ASG Superconductors.	48	102	
FISICA DELLA MATERIA	2	87011	FISICA APPLICATA ALLA BIOMEDICINA E AI BIOMATERIALI	PHYSICS APPLIED TO BIOMEDICINE AND BIOMATERIALS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	La diffrazione di raggi X è stata applicata con successo allo studio della struttura dimacromolecole biologiche, come per esempio le proteine. Questi studi strutturali si sono rivelati di fondamentale importanza nella ricerca applicata alla produzione di composti organici e di farmaci in particolare. Di qui l'interesse delle industrie chimiche e farmaceutiche a questa tecnica.	X-ray diffraction has been successfully applied to the study of the structure of biological macromolecules, such as proteins. These structural studies have proved to be of fundamental importance in research relating to the production of organic compounds and, in particular, pharmaceuticals. Hence the interest shown by the chemical and pharmaceutical industries	52	98	
FISICA DELLA MATERIA	2	94888	OTTICA APPLICATA	APPLIED OPTICS	6	PHYS-03/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento illustra, sia attraverso lezioni che attività di laboratorio, alcune importanti applicazioni moderne dell'ottica.	The teaching illustrates, through both lectures and practical sessions, some important modern applications of optics.	62	88	
FISICA DELLA MATERIA	2	98890	METODI DI SIMULAZIONE APPLICATI ALLA FISICA	SIMULATION METHODS APPLIED TO PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Obiettivo dell'insegnamento e' fornire gli strumenti di comprensione, sia sotto il profilo matematico, sia sotto quello fisico, della simulazione Monte Carlo del trasporto di particelle e radiazione nella materia.	The aim of the teaching is to provide the tools for understanding, from both a mathematical and a physical perspective, the Monte Carlo simulation of particle and radiation transport in matter.	48	102	
FISICA DELLA MATERIA	2	101938	METODI COMPUTAZIONALI PER LA FISICA DELLA MATERIA	COMPUTATIONAL METHODS FOR MATTER PHYSICS	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	Gli obiettivi formativi dell'insegnamento sono: apprendimento dei concetti di energy landscape e di free-energy landscape, apprendimento dei principi alla base dei metodi per l'esplorazione dell'energy landscape per sistemi complessi, apprendimento dei concetti di variabili collettive e di free-energy landscape, apprendimento dei metodi piu' importanti per l'esplorazione dell'energy landscape, acquisizione della capacita' di elaborare e utilizzare software per lo studio dei sistemi complessi di interesse nella fisica della materia e nella biofisica.	The teaching objectives of the course are: to learn the concepts of the energy landscape and the free-energy landscape; to learn the principles underlying methods for exploring the energy landscape of complex systems; to learn the concepts of collective variables and the free-energy landscape; learning the most important methods for exploring the energy landscape, and acquiring the ability to develop and use software for the study of complex systems of interest in condensed matter physics and biophysics.	52	98	
FISICA DELLA MATERIA	2	102447	FASI TOPOLOGICHE DELLA MATERIA CONDENSATA	TOPOLOGICAL PHASES OF CONDENSED MATTER	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'obiettivo principale è quello di fornire le basi per comprendere la fisica dei sistemi topologici di materia condensata. In particolare, si porrà l'attenzione sui modelli reticolari per fermioni e spin. L'origine della quantizzazione topologica di osservabili come la conduttanza Hall e la carica trasportata nel modello di Rice Mele verrà spiegata nel dettaglio. I gli stati legati topologici saranno altresì discussi. Le potenziali applicazioni tecnologiche verranno infine illustrate.	The main objective is to provide the foundations for understanding the physics of topological systems in condensed matter. In particular, the focus will be on lattice models for fermions and spins. The origin of the topological quantisation of observables such as Hall conductance and charge transport in the Rice-Mele model will be explained in detail. Topological bound states will also be discussed. Finally, potential technological applications will be outlined.	48	102	

FISICA DELLA MATERIA	2	109092	ACCELERATORI DI PARTICELLE	PARTICLE ACCELERATORS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento presenta lo stato dell'arte degli acceleratori di particelle attualmente in uso, descrivendone le caratteristiche salienti e le principali leggi fisiche e limitazioni tecnologiche che ne determinano le prestazioni.	The course presents the state of the art of particle accelerators currently in use, describing their main characteristics and the main physical laws and technological limitations that determine their performance.	48	102	
FISICA DELLA MATERIA	2	111406	FLUIDODINAMICA GENERALE	FLUID DYNAMICS	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano	Obiettivo centrale dell'insegnamento è fornire allo studente un quadro generale, di base ma concettualmente organizzato, di un settore della fisica classica che, pur essendo assai interessante nelle sue fondamenta teoriche e simultaneamente di grande e molteplice utilità applicativa, non può tuttavia che essere trattato molto velocemente nell'ambito degli insegnamenti di base. Buona parte della fluidodinamica (instabilità, turbolenza, fluidi non newtoniani, etc.) costituisce a tutt'oggi importante oggetto di attiva ricerca, collegato in molti modi alle ricerche più attuali di fisica fondamentale.	The central objective of the course is to provide the student with a general framework, basic but conceptually organized, of a sector of classical physics which, although very interesting in its theoretical foundations and simultaneously of great and multiple application utility, can however only be treated very quickly within the basic teachings. A large part of fluid dynamics (instability, turbulence, non-Newtonian fluids, etc.) is still today an important object of active research, linked in many ways to the most current research in fundamental physics.	48	102	
FISICA DELLA MATERIA	2	118327	SOLAR ENERGY AND SOLAR CELLS	SOLAR ENERGY AND SOLAR CELLS	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisica della materia e delle interazioni fondamentali	Inglese	Il corso, erogato nel secondo semestre, guiderà gli studenti verso una comprensione approfondita del potenziale dell'energia solare per soddisfare il fabbisogno energetico dell'umanità, esplorando lo spettro delle tecnologie di conversione dell'energia solare, con un forte accento sul fotovoltaico (PV). Inizialmente, gli studenti acquisiranno conoscenze sui principi fisici dell'interazione luce-materia, collegando la risposta ottica alla struttura elettronica a bande dei materiali rilevanti per le tecnologie fotovoltaiche. Successivamente, apprenderanno il potenziale della radiazione solare e impareranno a utilizzare database di radiazione solare per valutare le prestazioni di un impianto fotovoltaico in una specifica località. Comprendranno le basi fisiche dell'effetto fotovoltaico e delle	The course, delivered in the second semester, will guide students toward a thorough understanding of the potential of solar energy to meet humankind's power needs by exploring a diverse portfolio of renewable energy conversion technologies, with a strong emphasis on photovoltaics (PV). First, they will gain insight into the physical basis of light-matter interaction, linking the optical response to the electronic band structure of materials relevant to PV technologies. Subsequently, they will acquire knowledge about solar energy radiation potential and learn how to apply solar radiation databases to assess the performance of a PV plant in a specific location. They will understand the physical foundation of the photovoltaic effect and first-generation PV technologies, which are	52	98	
FISICA DELLA MATERIA	2	118354	NANOSTRUCTURES	NANOSTRUCTURES	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisica della materia e delle interazioni fondamentali	Inglese	Conoscenza delle principali tecniche sperimentali specifiche del campo. Lettura ed approfondimento di un articolo scientifico. Introduzione ad un approccio sperimentale multidisciplinare. Alla fine del corso, lo studente deve avere acquisito autonomia nel leggere criticamente un articolo scientifico, comprendendone la parte modellistica e quella sperimentale. Inoltre deve essere in grado di esporre un argomento in modo chiaro ed esauriente.	Knowledge of the main experimental techniques specific to the field. Reading and deepening of a scientific article. Introduction to a multidisciplinary experimental approach. By the end of the course, the student must have gained autonomy in critically reading a scientific article, understanding its modeling and experimental parts. He or she must also be able to expound an argument clearly and comprehensively. Considering the topics covered, the teaching is suitable for the professional profile choice "Materials Scientist: research specialist."	48	102	
FISICA DELLA MATERIA	2	121776	OCEANOGRAFIA FISICA	PHYSICAL OCEANOGRAPHY	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	Il corso introduce i fondamenti della fluidodinamica geofisica applicata all'oceano e guida gli studenti, in modo progressivo, alla formulazione e analisi di un modello shallow-water di circolazione in un bacino forzato dal vento.	The course introduces the fundamentals of geophysical fluid dynamics as applied to the ocean and guides students, step by step, through the formulation and analysis of a shallow-water circulation model in a wind-driven basin.	52	98	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	1	61842	FISICA TEORICA	THEORETICAL PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Fornire allo studente le basi dell'estensione relativistica della meccanica quantistica, della generalizzazione relativistica della teoria dello scattering e della teoria covariante delle perturbazioni.	To provide students with the fundamentals of the relativistic extension of quantum mechanics, the relativistic generalisation of scattering theory, and the covariant theory of perturbations.	56	94	

FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	1	61844	FISICA DELLA MATERIA 2	MATTER PHYSICS 2	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	Questo insegnamento si propone di fornire i fondamenti della fisica dei solidi, con particolare attenzione alle proprietà elettroniche. L'obiettivo principale è quello di spiegare la dinamica degli elettroni all'interno dei solidi cristallini con particolare enfasi ai semiconduttori. Verranno inoltre spiegate le principali proprietà magnetiche dei solidi, tra cui il ferromagnetismo. Infine si getteranno le basi teoriche per una comprensione del comportamento dei superconduttori e delle loro proprietà di trasporto	This teaching aims to provide the fundamentals of solid-state physics, with a particular focus on electronic properties. The main objective is to explain the dynamics of electrons within crystalline solids, with particular emphasis on semiconductors. The main magnetic properties of solids, including ferromagnetism, will also be explained. Finally, the theoretical foundations will be laid for an understanding of the behaviour of superconductors and their transport properties.	56	94	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	1	61847	FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI 1	PARTICLE PHYSICS 1	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si prefigge di fornire un'introduzione alla fenomenologia e alla modellistica della fisica delle particelle.	The teaching aims to provide an introduction to the phenomenology and modelling of particle physics.	60	90	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	1	61868	LABORATORIO DI FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAM. E ASTROFISICA	LAB OF FUNDAMENTAL INTERACTIONS PHYSICS AND ASTROPHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Il laboratorio illustra le principali tecniche sperimentali utilizzate nella fisica delle interazioni fondamentali e astrofisica e permette agli studenti di progettare, eseguire ed elaborare i dati di un esperimento reale.	The laboratory illustrates the main experimental techniques used in fundamental interaction physics and astrophysics and allows students to design, perform and process the data of a real experiment.	62	88	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	1	61872	FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI 2	PARTICLE PHYSICS 2	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Obiettivo dell'insegnamento è presentare gli strumenti analitici di base e le basi fenomenologiche della moderna fisica delle particelle, anche attraverso svariati esempi ed applicazioni.	Teaching aims to present the basic analytical tools and phenomenological foundations of modern particle physics, including through a variety of examples and applications.	52	98	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	1	61875	RELATIVITA' GENERALE	GENERAL RELATIVITY	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Esposizione della teoria di Einstein delle interazioni gravitazionali con le sue principali conseguenze e applicazioni.	An overview of Einstein's theory of gravitational interactions, including its main implications and applications.	56	94	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	1	61936	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	6	PHYS-03/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Inglese	Il corso esplorerà la rilevanza di superfici e interfacce nella nanoscienza e per le nanotecnologie. Il corso introdurrà a) le quantità termodinamiche in eccesso alla superficie; b) la struttura cristallina alle superficie, rilassamento e ricostruzione, c) le proprietà dello stato elettronico fondamentale e la struttura a bande di superficie e gli stati elettronici di superficie; d) le proprietà magnetiche di superficie. Verranno discussi casi speciali relativi a superfici di semiconduttori, ossidi ed isolanti. Le proprietà di grafene, altri materiali bidimensionali e film ultrasottili verranno discussi rispetto alla dimensionalità con estensioni a dimensioni inferiori per fili atomici, scalini alla superficie e cluster di atomi. Verranno trattati gli stati eccitati: lo spettro fononico di superficie, eccitazioni elettroniche e magnetiche.	Relevance of surfaces and interfaces in Nanoscience and Nanotechnology. The course will introduce: a) the surface excess quantities and thermodynamical properties of surfaces; b) the surface crystallographic structure with relaxation and reconstruction phenomena; c) the surface electronic ground state properties and the surface states; d) the surface magnetic properties. Specific cases for semiconductor, oxide and insulator surfaces, graphene and other ultrathin films will be discussed with respect to dimensionality with extension towards one and zero dimensions, i.e atomic wires, surface steps and clusters. Excited states at surfaces will be treated: surface phonon spectra, surface electronic and magnetic excitations.	54	96	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	1	68873	ELETTRONICA APPLICATA	APPLIED ELECTRONICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di studiare il principio fisico, i principali aspetti costruttivi e applicazioni dei moderni sensori e strumenti. Gli studenti acquisiranno capacità di progettare modelli e usare schematizzazioni con piena coscienza delle limitazioni connesse.	The course aims to study the physical principle, the main constructive aspects and applications of modern sensors and instruments. Students will acquire the ability to design models and use schematizations with full awareness of the limitations involved.	62	88	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	1	87010	FISICA E TECNOLOGIA DEI MAGNETI SUPERCONDUTTORI	PHYSICS AND TECHNOLOGY OF SUPERCONDUCTOR MAGNETS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento fornisce le competenze di base per la progettazione di magneti per le macchine acceleratrici e introduce all'uso di strumenti computazionali per la soluzione di problemi che coinvolgono l'applicazione di equazioni differenziali alle derivate parziali in magnetostatica. Particolare enfasi viene data alla progettazione e costruzione di magneti superconduttori grazie anche al supporto esterno di ASG Superconductors.	The teaching provides the basic skills required for the design of magnets for particle accelerators and introduces students to the use of computational tools for solving problems involving the application of partial differential equations in magnetostatics. Particular emphasis is placed on the design and construction of superconducting magnets, thanks in part to external support from ASG Superconductors.	48	102	

FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	1	94888	OTTICA APPLICATA	APPLIED OPTICS	6	PHYS-03/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento illustra, sia attraverso lezioni che attività di laboratorio, alcune importanti applicazioni moderne dell'ottica.	The teaching illustrates, through both lectures and practical sessions, some important modern applications of optics.	62	88	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	1	107028	LINGUA INGLESE B2	ENGLISH LANGUAGE B2	3	ANGL-01/C	ALTRE ATTIVITA'	Ulteriori conoscenze linguistiche	Inglese	Consolidare il livello di conoscenza della lingua inglese corrispondente al livello B2 del QCER del Consiglio d'Europa sulle abilità di lettura, uso della lingua e ascolto.	Consolidate the knowledge of the English language at the B2 level as described in the CEFR of the European Council in the following skills: Reading, Use of English, and Listening.	24	51	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	1	109092	ACCELERATORI DI PARTICELLE	PARTICLE ACCELERATORS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento presenta lo stato dell'arte degli acceleratori di particelle attualmente in uso, descrivendone le caratteristiche salienti e le principali leggi fisiche e limitazioni tecnologiche che ne determinano le prestazioni.	The course presents the state of the art of particle accelerators currently in use, describing their main characteristics and the main physical laws and technological limitations that determine their performance.	48	102	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	1	111403	MACHINE LEARNING FOR PHYSICISTS	MACHINE LEARNING FOR PHYSICISTS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Inglese	Teaching aims to develop skills in understanding and implementing machine learning algorithms applied to physics problems. Major neural algorithms will be described and discussed with various practical examples of how they are used to solve physics problems.	Teaching aims to develop skills in understanding and implementing machine learning algorithms applied to physics problems. Major neural algorithms will be described and discussed with various practical examples of how they are used to solve physics problems.	52	98	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	1	111406	FLUIDODINAMICA GENERALE	FLUID DYNAMICS	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano	Obiettivo centrale dell'insegnamento è fornire allo studente un quadro generale, di base ma concettualmente organizzato, di un settore della fisica classica che, pur essendo assai interessante nelle suoi fondamenti teorici e simultaneamente di grande e molteplice utilità applicativa, non può tuttavia che essere trattato molto velocemente nell'ambito degli insegnamenti di base. Buona parte della fluidodinamica (instabilità, turbolenza, fluidi non newtoniani, etc.) costituisce a tutt'oggi importante oggetto di attiva ricerca, collegato in molti modi alle ricerche più attuali di fisica fondamentale.	The central objective of the course is to provide the student with a general framework, basic but conceptually organized, of a sector of classical physics which, although very interesting in its theoretical foundations and simultaneously of great and multiple application utility, can however only be treated very quickly within the basic teachings. A large part of fluid dynamics (instability, turbulence, non-Newtonian fluids, etc.) is still today an important object of active research, linked in many ways to the most current research in fundamental physics.	48	102	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	1	114683	FISICA DEI NEUTRONI	NEUTRON PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Microfisica della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L' insegnamento fornisce agli studenti le conoscenze dei meccanismi fisici su cui si basa il funzionamento dei reattori a fusione ed a fissione. In particolare come funziona il contenimento dei plasmi mediante campi magnetici nei reattori a fusione, come vengono prodotti e regolati i flussi di neutroni all'interno dei reattori a fissione, quali sono i processi utilizzati per la produzione e l'estrazione dell'energia, quali sono i sistemi di monitoraggio di produzione di energia. Verranno inoltre analizzati i reattori attualmente in funzione e di quelli di prossima generazione.	The teaching provides students with an understanding of the physical mechanisms underlying the operation of fusion and fission reactors. In particular, it covers how plasma confinement works using magnetic fields in fusion reactors, how neutron fluxes are produced and regulated within fission reactors, the processes used for energy production and extraction, and the systems used to monitor energy production. The course will also analyse reactors currently in operation and those of the next generation.	52	98	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	1	114699	FISICA QUANTISTICA AVANZATA	ADVANCED QUANTUM PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Fornire allo studente le basi della meccanica quantistica dei sistemi di molti corpi trattati nell'ambito della seconda quantizzazione, e familiarizzarlo con le applicazioni di tale metodo ad alcuni dei principali fenomeni fisici della fisica moderna.	To provide students with the fundamentals of quantum mechanics for many-body systems within the framework of second quantisation, and to familiarise them with the applications of this method to some of the key physical phenomena in modern physics.	60	90	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	1	118274	FISICA DEI RIVELATORI DI PARTICELLE	PARTICLE DETECTOR PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Comprensione dei principi e fenomeni fisici di base della interazione tra particelle e materia, dei principi di funzionamento delle principali classi e tipi di rivelatori di particelle e dell'architettura di un esperimento. Funzionamento e uso guidato di alcuni semplici dispositivi di rivelazione.	Understanding of the basic physical principles and phenomena underlying the interaction between particles and matter, the operating principles of the main classes and types of particle detectors, and the architecture of an experiment. Operation and guided use of some simple detection devices.	52	98	

FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	1	121776	OCEANOGRAFIA FISICA	PHYSICAL OCEANOGRAPHY	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	Il corso introduce i fondamenti della fluidodinamica geofisica applicata all'oceano e guida gli studenti, in modo progressivo, alla formulazione e analisi di un modello shallow-water di circolazione in un bacino forzato dal vento.	The course introduces the fundamentals of geophysical fluid dynamics as applied to the ocean and guides students, step by step, through the formulation and analysis of a shallow-water circulation model in a wind-driven basin.	52	98	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	2	61868	LABORATORIO DI FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAM. E ASTROFISICA	LAB OF FUNDAMENTAL INTERACTIONS PHYSICS AND ASTROPHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Il laboratorio illustra le principali tecniche sperimentali utilizzate nella fisica delle interazioni fondamentali e astrofisica e permette agli studenti di progettare, eseguire ed elaborare i dati di un esperimento reale.	The laboratory illustrates the main experimental techniques used in fundamental interaction physics and astrophysics and allows students to design, perform and process the data of a real experiment.	62	88	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	2	61872	FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI 2	PARTICLE PHYSICS 2	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Obiettivo dell'insegnamento è presentare gli strumenti analitici di base e le basi fenomenologiche della moderna fisica delle particelle, anche attraverso svariati esempi ed applicazioni.	Teaching aims to present the basic analytical tools and phenomenological foundations of modern particle physics, including through a variety of examples and applications.	52	98	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	2	61936	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	6	PHYS-03/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Inglese	Il corso esplorerà la rilevanza di superfici e interfacce nella nanoscienza e per le nanotecnologie. Il corso introdurrà a) le quantità termodinamiche in eccesso alla superficie; b) la struttura cristallina alle superficie, rilassamento e ricostruzione, c) le proprietà dello stato elettronico fondamentale e la struttura a bande di superficie e gli stati elettronici di superficie; d) le proprietà magnetiche di superficie. Verranno discussi casi speciali relativi a superfici di semiconduttori, ossidi ed isolanti. Le proprietà di grafene, altri materiali bidimensionali e film ultrasottili verranno discussi rispetto alla dimensionalità con estensioni a dimensioni inferiori per fili atomici, scalini alla superficie e cluster di atomi. Verranno trattati gli stati eccitati: lo spettro fononico di superficie, eccitazioni elettroniche e magnetiche.	Relevance of surfaces and interfaces in Nanoscience and Nanotechnology. The course will introduce: a) the surface excess quantities and thermodynamical properties of surfaces; b) the surface crystallographic structure with relaxation and reconstruction phenomena; c) the surface electronic ground state properties and the surface states; d) the surface magnetic properties. Specific cases for semiconductor, oxide and insulator surfaces, graphene and other ultrathin films will be discussed with respect to dimensionality with extension towards one and zero dimensions, i.e atomic wires, surface steps and clusters. Excited states at surfaces will be treated: surface phonon spectra, surface electronic and magnetic excitations.	54	96	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	2	68873	ELETTRONICA APPLICATA	APPLIED ELECTRONICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di studiare il principio fisico, i principali aspetti costruttivi e applicazioni dei moderni sensori e strumenti. Gli studenti acquisiranno capacità di progettare modelli e usare schematizzazioni con piena coscienza delle limitazioni connesse.	The course aims to study the physical principle, the main constructive aspects and applications of modern sensors and instruments. Students will acquire the ability to design models and use schematizations with full awareness of the limitations involved.	62	88	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	2	72740	TESI	FINAL THESIS	45		PROVA FINALE	Per la prova finale	Italiano (Inglese a richiesta)			0	1125	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	2	87010	FISICA E TECNOLOGIA DEI MAGNETI SUPERCONDUTTORI	PHYSICS AND TECHNOLOGY OF SUPERCONDUCTOR MAGNETS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento fornisce le competenze di base per la progettazione di magneti per le macchine acceleratrici e introduce all'uso di strumenti computazionali per la soluzione di problemi che coinvolgono l'applicazione di equazioni differenziali alle derivate parziali in magnetostatica. Particolare enfasi viene data alla progettazione e costruzione di magneti superconduttori grazie anche al supporto esterno di ASG Superconductors.	The teaching provides the basic skills required for the design of magnets for particle accelerators and introduces students to the use of computational tools for solving problems involving the application of partial differential equations in magnetostatics. Particular emphasis is placed on the design and construction of superconducting magnets, thanks in part to external support from ASG Superconductors.	48	102	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	2	94888	OTTICA APPLICATA	APPLIED OPTICS	6	PHYS-03/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento illustra, sia attraverso lezioni che attività di laboratorio, alcune importanti applicazioni moderne dell'ottica.	The teaching illustrates, through both lectures and practical sessions, some important modern applications of optics.	62	88	
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	2	101955	FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI AI COLLIDER	PHYSICS OF FUNDAMENTAL INTERACTIONS AT COLLIDERS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Studentesse e studenti dovranno acquisire le conoscenze necessarie a comprendere gli studi di fisica delle interazioni fondamentali affrontati presso un esperimento ai collider, ad interpretarne i dati raccolti in termini di misure di fisica e ad orientarsi su eventuali ricerche ed esperimenti futuri.	Students are expected to acquire the knowledge necessary to understand the physics studies of fundamental interactions addressed at a collider experiment, to interpret the data collected in terms of physics measurements, and to orient themselves to possible future research and experiments.	52	98	

FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	2	109092	ACCELERATORI DI PARTICELLE	PARTICLE ACCELERATORS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento presenta lo stato dell'arte degli acceleratori di particelle attualmente in uso, descrivendone le caratteristiche salienti e le principali leggi fisiche e limitazioni tecnologiche che ne determinano le prestazioni.	The course presents the state of the art of particle accelerators currently in use, describing their main characteristics and the main physical laws and technological limitations that determine their performance.	48	102
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	2	109120	FISICA DELLE ASTROPARTICELLE	PHYSICS OF ASTROPARTICLES	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di fornire agli studenti conoscenze di base sulla fisica delle astroparticelle, concentrandosi in particolare modo sui modelli che prevedono l'emissione di particelle da parte di sorgenti astrofisiche e sulle tecniche sperimentali per la rivelazione di raggi cosmici e neutrini di origine extraterrestre.	Teaching aims to provide students with basic knowledge of astroparticle physics, focusing particularly on models predicting particle emission from astrophysical sources and experimental techniques for detecting cosmic rays and neutrinos of extraterrestrial origin.	52	98
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	2	111403	MACHINE LEARNING FOR PHYSICISTS	MACHINE LEARNING FOR PHYSICISTS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Inglese	Teaching aims to develop skills in understanding and implementing machine learning algorithms applied to physics problems. Major neural algorithms will be described and discussed with various practical examples of how they are used to solve physics problems.	Teaching aims to develop skills in understanding and implementing machine learning algorithms applied to physics problems. Major neural algorithms will be described and discussed with various practical examples of how they are used to solve physics problems.	52	98
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	2	111406	FLUIDODINAMICA GENERALE	FLUID DYNAMICS	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano	Obiettivo centrale dell'insegnamento è fornire allo studente un quadro generale, di base ma concettualmente organizzato, di un settore della fisica classica che, pur essendo assai interessante nelle sue fondamenta teoriche e simultaneamente di grande e molteplice utilità applicativa, non può tuttavia che essere trattato molto velocemente nell'ambito degli insegnamenti di base. Buona parte della fluidodinamica (instabilità, turbolenza, fluidi non newtoniani, etc.) costituisce a tutt'oggi importante oggetto di attiva ricerca, collegato in molti modi alle ricerche più attuali di fisica fondamentale.	The central objective of the course is to provide the student with a general framework, basic but conceptually organized, of a sector of classical physics which, although very interesting in its theoretical foundations and simultaneously of great and multiple application utility, can however only be treated very quickly within the basic teachings. A large part of fluid dynamics (instability, turbulence, non-Newtonian fluids, etc.) is still today an important object of active research, linked in many ways to the most current research in fundamental physics.	48	102
FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI	2	121776	OCEANOGRAFIA FISICA	PHYSICAL OCEANOGRAPHY	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	Il corso introduce i fondamenti della fluidodinamica geofisica applicata all'oceano e guida gli studenti, in modo progressivo, alla formulazione e analisi di un modello shallow-water di circolazione in un bacino forzato dal vento.	The course introduces the fundamentals of geophysical fluid dynamics as applied to the ocean and guides students, step by step, through the formulation and analysis of a shallow-water circulation model in a wind-driven basin.	52	98
FISICA TEORICA	1	61739	FISICA CLASSICA AVANZATA	ADVANCED CLASSIC PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano	Lo scopo dell'insegnamento è quello di integrare ed approfondire alcuni argomenti di Fisica Generale, per fornire una più estesa e solida conoscenza della Fisica Classica, dei suoi fondamenti e di alcune sue applicazioni. Gli argomenti trattati sono integrati da applicazioni varie e da modellizzazioni di problemi reali.	The purpose of the teaching is to integrate and deepen some topics in General Physics, to provide a more extensive and solid knowledge of Classical Physics, its fundamentals and some of its applications. The topics covered are supplemented by various applications and modeling of real problems.	48	102
FISICA TEORICA	1	61842	FISICA TEORICA	THEORETICAL PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Fornire allo studente le basi dell'estensione relativistica della meccanica quantistica, della generalizzazione relativistica della teoria dello scattering e della teoria covariante delle perturbazioni.	To provide students with the fundamentals of the relativistic extension of quantum mechanics, the relativistic generalisation of scattering theory, and the covariant theory of perturbations.	56	94
FISICA TEORICA	1	61843	METODI MATEMATICI AVANZATI DELLA FISICA	ADVANCED MATHEMATICAL METHODS IN PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di introdurre alcuni aspetti importanti e avanzati della matematica che, per questioni di tempo, non possono essere trattati nella laurea triennale. In particolare si cercherà di introdurre strumenti che hanno rilevanza nelle applicazioni alla fisica, come le funzioni di Green e il calcolo delle variazioni.	The teaching aims to introduce some important and advanced aspects of mathematics which, due to time constraints, cannot be covered in the three-year degree programme. In particular, the course will seek to introduce tools that are relevant to applications in physics, such as Green's functions and the calculus of variations.	52	98

FISICA TEORICA	1	61844	FISICA DELLA MATERIA 2	MATTER PHYSICS 2	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	Questo insegnamento si propone di fornire i fondamenti della fisica dei solidi, con particolare attenzione alle proprietà elettroniche. L'obiettivo principale è quello di spiegare la dinamica degli elettroni all'interno dei solidi cristallini con particolare enfasi ai semiconduttori. Verranno inoltre spiegate le principali proprietà magnetiche dei solidi, tra cui il ferromagnetismo. Infine si getteranno le basi teoriche per una comprensione del comportamento dei superconduttori e delle loro proprietà di trasporto.	This teaching aims to provide the fundamentals of solid-state physics, with a particular focus on electronic properties. The main objective is to explain the dynamics of electrons within crystalline solids, with particular emphasis on semiconductors. The main magnetic properties of solids, including ferromagnetism, will also be explained. Finally, the theoretical foundations will be laid for an understanding of the behaviour of superconductors and their transport properties.	56	94	
FISICA TEORICA	1	61847	FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI 1	PARTICLE PHYSICS 1	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si prefigge di fornire un'introduzione alla fenomenologia e alla modellistica della fisica delle particelle.	The teaching aims to provide an introduction to the phenomenology and modelling of particle physics.	60	90	
FISICA TEORICA	1	61867	TEORIA STATISTICA DEI CAMPI	STATISTICAL THEORY OF FIELDS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Verificare e rafforzare le conoscenze di base sulla meccanica statistica. Affrontare argomenti recenti nel contesto più semplice possibile in modo tale da stimolare l'interesse per gli sviluppi moderni della meccanica statistica.	To review and consolidate basic knowledge of statistical mechanics. To address recent topics in the simplest possible context, with a view to stimulating interest in modern developments in statistical mechanics.	52	98	
FISICA TEORICA	1	61868	LABORATORIO DI FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAM. E ASTROFISICA	LAB OF FUNDAMENTAL INTERACTIONS PHYSICS AND ASTROPHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Il laboratorio illustra le principali tecniche sperimentali utilizzate nella fisica delle interazioni fondamentali e astrofisica e permette agli studenti di progettare, eseguire ed elaborare i dati di un esperimento reale.	The laboratory illustrates the main experimental techniques used in fundamental interaction physics and astrophysics and allows students to design, perform and process the data of a real experiment.	62	88	
FISICA TEORICA	1	61872	FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI 2	PARTICLE PHYSICS 2	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Obiettivo dell'insegnamento è presentare gli strumenti analitici di base e le basi fenomenologiche della moderna fisica delle particelle, anche attraverso svariati esempi ed applicazioni.	Teaching aims to present the basic analytical tools and phenomenological foundations of modern particle physics, including through a variety of examples and applications.	52	98	
FISICA TEORICA	1	61875	RELATIVITA' GENERALE	GENERAL RELATIVITY	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Esposizione della teoria di Einstein delle interazioni gravitazionali con le sue principali conseguenze e applicazioni.	An overview of Einstein's theory of gravitational interactions, including its main implications and applications.	56	94	
FISICA TEORICA	1	61876	TEORIA QUANTISTICA DEI CAMPI	QUANTUM FIELD THEORY	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Il corso discuterà come Meccanica Quantistica e Relatività ristretta possono essere integrati in un quadro teorico coerente i cui principi fisici fondamentali sono quelli di causalità e località. Verranno illustrati in maniera sistematica i grandi successi ed i metodi matematici di questa sintesi teorica, quali il teorema di spin-statistica, la teoria invariante delle perturbazioni, la quantizzazione delle teorie di gauge non-abeliane, la simmetria BRS, le anomalie.	The course will discuss how Quantum Mechanics and Special Relativity can be integrated into a coherent theoretical framework whose fundamental physical principles are those of causality and locality. The major achievements and mathematical methods of this theoretical synthesis, such as the spin-statistics theorem, the invariant theory of perturbations, the quantization of non-Abelian gauge theories, BRS symmetry, and anomalies, will be systematically illustrated.	52	98	
FISICA TEORICA	1	61936	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	6	PHYS-03/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Inglese	Il corso esplorerà la rilevanza di superfici e interfacce nella nanoscienza e per le nanotecnologie. Il corso introdurrà a) le quantità termodinamiche in eccesso alla superficie; b) la struttura cristallina alle superficie, rilassamento e ricostruzione, c) le proprietà dello stato elettronico fondamentale e la struttura a bande di superficie e gli stati elettronici di superficie; d) le proprietà magnetiche di superficie. Verranno discussi casi speciali relativi a superfici di semiconduttori, ossidi ed isolanti. Le proprietà di grafene, altri materiali bidimensionali e film ultrasottili verranno discussi rispetto alla dimensionalità con estensioni a dimensioni inferiori per fili atomici, scalini alla superficie e cluster di atomi. Verranno trattati gli stati eccitati: lo spettro fononico di superficie, eccitazioni elettroniche e magnetiche. Connessioni con la	Relevance of surfaces and interfaces in Nanoscience and Nanotechnology. The course will introduce: a) the surface excess quantities and thermodynamical properties of surfaces; b) the surface crystallographic structure with relaxation and reconstruction phenomena; c) the surface electronic ground state properties and the surface states; d) the surface magnetic properties. Specific cases for semiconductor, oxide and insulator surfaces, graphene and other ultrathin films will be discussed with respect to dimensionality with extension towards one and zero dimensions, i.e atomic wires, surface steps and clusters. Excited states at surfaces will be treated: surface phonon spectra, surface electronic and magnetic excitations. Connections to	54	96	

FISICA TEORICA	1	87010	FISICA E TECNOLOGIA DEI MAGNETI SUPERCONDUTTORI	PHYSICS AND TECHNOLOGY OF SUPERCONDUCTOR MAGNETS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento fornisce le competenze di base per la progettazione di magneti per le macchine acceleratrici e introduce all'uso di strumenti computazionali per la soluzione di problemi che coinvolgono l'applicazione di equazioni differenziali alle derivate parziali in magnetostatica. Particolare enfasi viene data alla progettazione e costruzione di magneti superconduttori grazie anche al supporto esterno di ASG Superconductors.	The teaching provides the basic skills required for the design of magnets for particle accelerators and introduces students to the use of computational tools for solving problems involving the application of partial differential equations in magnetostatics. Particular emphasis is placed on the design and construction of superconducting magnets, thanks in part to external support from ASG Superconductors.	48	102
FISICA TEORICA	1	94844	ONDE GRAVITAZIONALI	GRAVITATIONAL WAVES	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di fornire agli studenti conoscenze adeguate sui fondamenti teorici, sulle tecniche sperimentali e sulle strategie di analisi dei dati, necessari per comprendere la letteratura scientifica sulle osservazioni di onde gravitazionali e sulle loro implicazioni nel campo dell'astronomia, astrofisica, cosmologia e fisica fondamentale.	The course aims to provide students with a sound understanding of the theoretical foundations, experimental techniques and data analysis strategies required to comprehend the scientific literature on gravitational wave observations and their implications for astronomy, astrophysics, cosmology and fundamental physics.	48	102
FISICA TEORICA	1	94888	OTTICA APPLICATA	APPLIED OPTICS	6	PHYS-03/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento illustra, sia attraverso lezioni che attività di laboratorio, alcune importanti applicazioni moderne dell'ottica.	The teaching illustrates, through both lectures and practical sessions, some important modern applications of optics.	62	88
FISICA TEORICA	1	98389	FONDAMENTI DI COMPUTAZIONE E QUANTISTICA	ELEMENTS OF QUANTUM COMPUTING	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano	L'insegnamento costituisce un'introduzione all'informatica e alla computazione quantistica. Gli aspetti teorici sono affiancati da applicazioni pratiche allo scopo di permettere un immediato contatto con i recenti sviluppi del campo.	The course is an introduction to computer science and quantum computing. The theoretical aspects are supported by practical applications in order to allow immediate contact with recent developments in the field.	48	102
FISICA TEORICA	1	98890	METODI DI SIMULAZIONE APPLICATI ALLA FISICA	SIMULATION METHODS APPLIED TO PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Obiettivo dell'insegnamento e' fornire gli strumenti di comprensione, sia sotto il profilo matematico, sia sotto quello fisico, della simulazione Monte Carlo del trasporto di particelle e radiazione nella materia.	The aim of the teaching is to provide the tools for understanding, from both a mathematical and a physical perspective, the Monte Carlo simulation of particle and radiation transport in matter.	48	102
FISICA TEORICA	1	107028	LINGUA INGLESE B2	ENGLISH LANGUAGE B2	3	ANGL-01/C	ALTRE ATTIVITA'	Ulteriori conoscenze linguistiche	Inglese	Consolidare il livello di conoscenza della lingua inglese corrispondente al livello B2 del QCER del Consiglio d'Europa sulle abilità di lettura, uso della lingua e ascolto.	Consolidate the knowledge of the English language at the B2 level as described in the CEFR of the European Council in the following skills: Reading, Use of English, and Listening.	24	51
FISICA TEORICA	1	109092	ACCELERATORI DI PARTICELLE	PARTICLE ACCELERATORS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento presenta lo stato dell'arte degli acceleratori di particelle attualmente in uso, descrivendone le caratteristiche salienti e le principali leggi fisiche e limitazioni tecnologiche che ne determinano le prestazioni.	The course presents the state of the art of particle accelerators currently in use, describing their main characteristics and the main physical laws and technological limitations that determine their performance.	48	102
FISICA TEORICA	1	109117	FISICA STATISTICA	STATISTICAL PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di approfondire lo studio della Fisica Statistica dei sistemi vicini all'equilibrio. Si affronteranno alcuni temi interessanti come le relazioni di Onsager, i fenomeni termoelettrici, la teoria cinetica dei gas e l'idrodinamica dei fluidi semplici.	The teaching aims to deepen the study of Statistical Physics of near-equilibrium systems. Some interesting topics such as Onsager relations, thermoelectric phenomena, kinetic theory of gases, and hydrodynamics of simple fluids will be addressed.	52	98
FISICA TEORICA	1	111403	MACHINE LEARNING FOR PHYSICISTS	MACHINE LEARNING FOR PHYSICISTS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Inglese	Teaching aims to develop skills in understanding and implementing machine learning algorithms applied to physics problems. Major neural algorithms will be described and discussed with various practical examples of how they are used to solve physics problems.	Teaching aims to develop skills in understanding and implementing machine learning algorithms applied to physics problems. Major neural algorithms will be described and discussed with various practical examples of how they are used to solve physics problems.	52	98

FISICA TEORICA	1	111406	FLUIDODINAMICA GENERALE	FLUID DYNAMICS	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano	Obiettivo centrale dell'insegnamento è fornire allo studente un quadro generale, di base ma concettualmente organizzato, di un settore della fisica classica che, pur essendo assai interessante nelle suoi fondamenti teorici e simultaneamente di grande e molteplice utilità applicativa, non può tuttavia che essere trattato molto velocemente nell'ambito degli insegnamenti di base. Buona parte della fluidodinamica (instabilità, turbolenza, fluidi non newtoniani, etc.) costituisce a tutt'oggi importante oggetto di attiva ricerca, collegato in molti modi alle ricerche più attuali di fisica fondamentale.	The central objective of the course is to provide the student with a general framework, basic but conceptually organized, of a sector of classical physics which, although very interesting in its theoretical foundations and simultaneously of great and multiple application utility, can however only be treated very quickly within the basic teachings. A large part of fluid dynamics (instability, turbulence, non-Newtonian fluids, etc.) is still today an important object of active research, linked in many ways to the most current research in fundamental physics.	48	102	
FISICA TEORICA	1	114683	FISICA DEI NEUTRONI	NEUTRON PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L' insegnamento fornisce agli studenti le conoscenze dei meccanismi fisici su cui si basa il funzionamento dei reattori a fusione ed a fissione. In particolare come funziona il contenimento dei plasmi mediante campi magnetici nei reattori a fusione, come vengono prodotti e regolati i flussi di neutroni all'interno dei reattori a fissione, quali sono i processi utilizzati per la produzione e l'estrazione dell'energia, quali sono i sistemi di monitoraggio di produzione di energia. Verranno inoltre analizzati i reattori attualmente in funzione e di quelli di prossima generazione.	The teaching provides students with an understanding of the physical mechanisms underlying the operation of fusion and fission reactors. In particular, it covers how plasma confinement works using magnetic fields in fusion reactors, how neutron fluxes are produced and regulated within fission reactors, the processes used for energy production and extraction, and the systems used to monitor energy production. The course will also analyse reactors currently in operation and those of the next generation.	52	98	
FISICA TEORICA	1	114699	FISICA QUANTISTICA AVANZATA	ADVANCED QUANTUM PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Fornire allo studente le basi della meccanica quantistica dei sistemi di molti corpi trattati nell'ambito della seconda quantizzazione, e familiarizzarlo con le applicazioni di tale metodo ad alcuni dei principali fenomeni fisici della fisica moderna.	To provide students with the fundamentals of quantum mechanics for many-body systems within the framework of second quantisation, and to familiarise them with the applications of this method to some of the key physical phenomena in modern physics.	60	90	
FISICA TEORICA	1	114704	TEORIA CLASSICA DEI CAMPI	CLASSICAL FIELD THEORY	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di introdurre il formalismo covariante per l'elettrodinamica e di svilupparne le principali applicazioni fisiche, con particolare enfasi sui fenomeni prettamente relativistici, come l'irraggiamento. Dopo avere introdotto il metodo funzionale per una generica teoria di campo relativistica, si studierà la soluzione generale delle equazioni di Maxwell, i campi elettromagnetici generati da una carica in moto, la radiazione emessa, lo sviluppo in multipoli, l'analisi spettrale della radiazione, gli effetti della radiazione sul moto delle particelle che la emettono.	The teaching aims to introduce the covariant formalism for electrodynamics and develop its main physical applications, with special emphasis on purely relativistic phenomena, such as radiation. After introducing the functional method for a generic relativistic field theory, the general solution of Maxwell's equations, electromagnetic fields generated by a moving charge, emitted radiation, development in multipoles, spectral analysis of radiation, and the effects of radiation on the motion of emitting particles will be studied.	48	102	
FISICA TEORICA	1	118314	TEORIA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI 1	THEORY OF FUNDAMENTAL INTERACTIONS 1	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di approfondire alcuni aspetti delle teorie di campo utilizzando metodi perturbativi. L'obiettivo principale dell'insegnamento è lo studio delle correzioni radiative e della rinormalizzazione delle teorie di gauge abeliane quali la QED. Verranno inoltre introdotti alcuni aspetti delle teorie di gauge non-Abeliane.	This teaching aims to explore certain aspects of field theories using perturbative methods. The main objective is to study radiative corrections and renormalisation in Abelian gauge theories such as QED. Certain aspects of non-Abelian gauge theories will also be introduced.	52	98	61842 - FISICA TEORICA (Obbligatorio)
FISICA TEORICA	1	121776	OCEANOGRAFIA FISICA	PHYSICAL OCEANOGRAPHY	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	Il corso introduce i fondamenti della fluidodinamica geofisica applicata all'oceano e guida gli studenti, in modo progressivo, alla formulazione e analisi di un modello shallow-water di circolazione in un bacino forzato dal vento.	The course introduces the fundamentals of geophysical fluid dynamics as applied to the ocean and guides students, step by step, through the formulation and analysis of a shallow-water circulation model in a wind-driven basin.	52	98	

FISICA TEORICA	2	61739	FISICA CLASSICA AVANZATA	ADVANCED CLASSIC PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano	Lo scopo dell'insegnamento è quello di integrare ed approfondire alcuni argomenti di Fisica Generale, per fornire una più estesa e solida conoscenza della Fisica Classica, dei suoi fondamenti e di alcune sue applicazioni. Gli argomenti trattati sono integrati da applicazioni varie e da modellizzazioni di problemi reali.	The purpose of the teaching is to integrate and deepen some topics in General Physics, to provide a more extensive and solid knowledge of Classical Physics, its fundamentals and some of its applications. The topics covered are supplemented by various applications and modeling of real problems.	48	102
FISICA TEORICA	2	61842	FISICA TEORICA	THEORETICAL PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Fornire allo studente le basi dell'estensione relativistica della meccanica quantistica, della generalizzazione relativistica della teoria dello scattering e della teoria covariante delle perturbazioni.	To provide students with the fundamentals of the relativistic extension of quantum mechanics, the relativistic generalisation of scattering theory, and the covariant theory of perturbations.	56	94
FISICA TEORICA	2	61843	METODI MATEMATICI AVANZATI DELLA FISICA	ADVANCED MATHEMATICAL METHODS IN PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di introdurre alcuni aspetti importanti e avanzati della matematica che, per questioni di tempo, non possono essere trattati nella laurea triennale. In particolare si cercherà di introdurre strumenti che hanno rilevanza nelle applicazioni alla fisica, come le funzioni di Green e il calcolo delle variazioni.	The teaching aims to introduce some important and advanced aspects of mathematics which, due to time constraints, cannot be covered in the three-year degree programme. In particular, the course will seek to introduce tools that are relevant to applications in physics, such as Green's functions and the calculus of variations.	52	98
FISICA TEORICA	2	61867	TEORIA STATISTICA DEI CAMPI	STATISTICAL THEORY OF FIELDS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Verificare e rafforzare le conoscenze di base sulla meccanica statistica. Affrontare argomenti recenti nel contesto più semplice possibile in modo tale da stimolare l'interesse per gli sviluppi moderni della meccanica statistica.	To review and consolidate basic knowledge of statistical mechanics. To address recent topics in the simplest possible context, with a view to stimulating interest in modern developments in statistical mechanics.	52	98
FISICA TEORICA	2	61868	LABORATORIO DI FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAM. E ASTROFISICA	LAB OF FUNDAMENTAL INTERACTIONS PHYSICS AND ASTROPHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Il laboratorio illustra le principali tecniche sperimentali utilizzate nella fisica delle interazioni fondamentali e astrofisica e permette agli studenti di progettare, eseguire ed elaborare i dati di un esperimento reale.	The laboratory illustrates the main experimental techniques used in fundamental interaction physics and astrophysics and allows students to design, perform and process the data of a real experiment.	62	88
FISICA TEORICA	2	61872	FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI 2	PARTICLE PHYSICS 2	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Obiettivo dell'insegnamento è presentare gli strumenti analitici di base e le basi fenomenologiche della moderna fisica delle particelle, anche attraverso svariati esempi ed applicazioni.	Teaching aims to present the basic analytical tools and phenomenological foundations of modern particle physics, including through a variety of examples and applications.	52	98
FISICA TEORICA	2	61875	RELATIVITA' GENERALE	GENERAL RELATIVITY	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Esposizione della teoria di Einstein delle interazioni gravitazionali con le sue principali conseguenze e applicazioni.	An overview of Einstein's theory of gravitational interactions, including its main implications and applications.	56	94
FISICA TEORICA	2	61876	TEORIA QUANTISTICA DEI CAMPI	QUANTUM FIELD THEORY	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Il corso discuterà come Meccanica Quantistica e Relatività ristretta possono essere integrati in un quadro teorico coerente i cui principi fisici fondamentali sono quelli di causalità e località. Verranno illustrati in maniera sistematica i grandi successi ed i metodi matematici di questa sintesi teorica, quali il teorema di spin-statistica, la teoria invariante delle perturbazioni, la quantizzazione delle teorie di gauge non-abeliane, la simmetria BRS, le anomalie.	The course will discuss how Quantum Mechanics and Special Relativity can be integrated into a coherent theoretical framework whose fundamental physical principles are those of causality and locality. The major achievements and mathematical methods of this theoretical synthesis, such as the spin-statistics theorem, the invariant theory of perturbations, the quantization of non-Abelian gauge theories, BRS symmetry, and anomalies, will be systematically illustrated.	52	98

FISICA TEORICA	2	61936	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	6	PHYS-03/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Inglese	Il corso esplorerà la rilevanza di superfici e interfacce nella nanoscienza e per le nanotecnologie. Il corso introdurrà a) le quantità termodinamiche in eccesso alla superficie; b) la struttura cristallina alle superficie, rilassamento e ricostruzione, c) le proprietà dello stato elettronico fondamentale e la struttura a bande di superficie e gli stati elettronici di superficie; d) le proprietà magnetiche di superficie. Verranno discussi casi speciali relativi a superfici di semiconduttori, ossidi ed isolanti. Le proprietà di grafene, altri materiali bidimensionali e film ultrasottili verranno discussi rispetto alla dimensionalità con estensioni a dimensioni inferiori per fili atomici, scalini alla superficie e cluster di atomi. Verranno trattati gli stati eccitati: lo spettro fononico di superficie, eccitazioni elettroniche e magnetiche. Connessioni con la	Relevance of surfaces and interfaces in Nanoscience and Nanotechnology. The course will introduce: a) the surface excess quantities and thermodynamical properties of surfaces; b) the surface crystallographic structure with relaxation and reconstruction phenomena; c) the surface electronic ground state properties and the surface states; d) the surface magnetic properties. Specific cases for semiconductor, oxide and insulator surfaces, graphene and other ultrathin films will be discussed with respect to dimensionality with extension towards one and zero dimensions, i.e atomic wires, surface steps and clusters. Excited states at surfaces will be treated: surface phonon spectra, surface electronic and magnetic excitations. Connections to	54	96	
FISICA TEORICA	2	72740	TESI	FINAL THESIS	45		PROVA FINALE	Per la prova finale	Italiano (Inglese a richiesta)			0	1125	
FISICA TEORICA	2	87010	FISICA E TECNOLOGIA DEI MAGNETI SUPERCONDUTTORI	PHYSICS AND TECHNOLOGY OF SUPERCONDUCTOR MAGNETS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento fornisce le competenze di base per la progettazione di magneti per le macchine acceleratrici e introduce all'uso di strumenti computazionali per la soluzione di problemi che coinvolgono l'applicazione di equazioni differenziali alle derivate parziali in magnetostatica. Particolare enfasi viene data alla progettazione e costruzione di magneti superconduttori grazie anche al supporto esterno di ASG Superconductors.	The teaching provides the basic skills required for the design of magnets for particle accelerators and introduces students to the use of computational tools for solving problems involving the application of partial differential equations in magnetostatics. Particular emphasis is placed on the design and construction of superconducting magnets, thanks in part to external support from ASG Superconductors.	48	102	
FISICA TEORICA	2	94844	ONDE GRAVITAZIONALI	GRAVITATIONAL WAVES	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di fornire agli studenti conoscenze adeguate sui fondamenti teorici, sulle tecniche sperimentali e sulle strategie di analisi dei dati, necessari per comprendere la letteratura scientifica sulle osservazioni di onde gravitazionali e sulle loro implicazioni nel campo dell'astronomia, astrofisica, cosmologia e fisica fondamentale.	The course aims to provide students with a sound understanding of the theoretical foundations, experimental techniques and data analysis strategies required to comprehend the scientific literature on gravitational wave observations and their implications for astronomy, astrophysics, cosmology and fundamental physics.	48	102	
FISICA TEORICA	2	94888	OTTICA APPLICATA	APPLIED OPTICS	6	PHYS-03/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento illustra, sia attraverso lezioni che attività di laboratorio, alcune importanti applicazioni moderne dell'ottica.	The teaching illustrates, through both lectures and practical sessions, some important modern applications of optics.	62	88	
FISICA TEORICA	2	98389	FONDAMENTI DI COMPUTAZIONE E QUANTISTICA	ELEMENTS OF QUANTUM COMPUTING	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano	L'insegnamento costituisce un'introduzione all'informatica e alla computazione quantistica. Gli aspetti teorici sono affiancati da applicazioni pratiche allo scopo di permettere un immediato contatto con i recenti sviluppi del campo.	The course is an introduction to computer science and quantum computing. The theoretical aspects are supported by practical applications in order to allow immediate contact with recent developments in the field.	48	102	
FISICA TEORICA	2	98890	METODI DI SIMULAZIONE APPLICATI ALLA FISICA	SIMULATION METHODS APPLIED TO PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Obiettivo dell'insegnamento e' fornire gli strumenti di comprensione, sia sotto il profilo matematico, sia sotto quello fisico, della simulazione Monte Carlo del trasporto di particelle e radiazione nella materia.	The aim of the teaching is to provide the tools for understanding, from both a mathematical and a physical perspective, the Monte Carlo simulation of particle and radiation transport in matter.	48	102	
FISICA TEORICA	2	109092	ACCELERATORI DI PARTICELLE	PARTICLE ACCELERATORS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento presenta lo stato dell'arte degli acceleratori di particelle attualmente in uso, descrivendone le caratteristiche salienti e le principali leggi fisiche e limitazioni tecnologiche che ne determinano le prestazioni.	The course presents the state of the art of particle accelerators currently in use, describing their main characteristics and the main physical laws and technological limitations that determine their performance.	48	102	

FISICA TEORICA	2	109117	FISICA STATISTICA	STATISTICAL PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di approfondire lo studio della Fisica Statistica dei sistemi vicini all'equilibrio. Si affronteranno alcuni temi interessanti come le relazioni di Onsager, i fenomeni termoelettrici, la teoria cinetica dei gas e l'idrodinamica dei fluidi semplici.	The teaching aims to deepen the study of Statistical Physics of near-equilibrium systems. Some interesting topics such as Onsager relations, thermoelectric phenomena, kinetic theory of gases, and hydrodynamics of simple fluids will be addressed.	52	98	
FISICA TEORICA	2	111403	MACHINE LEARNING FOR PHYSICISTS	MACHINE LEARNING FOR PHYSICISTS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Inglese	Teaching aims to develop skills in understanding and implementing machine learning algorithms applied to physics problems. Major neural algorithms will be described and discussed with various practical examples of how they are used to solve physics problems.	Teaching aims to develop skills in understanding and implementing machine learning algorithms applied to physics problems. Major neural algorithms will be described and discussed with various practical examples of how they are used to solve physics problems.	52	98	
FISICA TEORICA	2	111406	FLUIDODINAMICA GENERALE	FLUID DYNAMICS	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano	Obiettivo centrale dell'insegnamento è fornire allo studente un quadro generale, di base ma concettualmente organizzato, di un settore della fisica classica che, pur essendo assai interessante nelle sue fondamenta teoriche e simultaneamente di grande e molteplice utilità applicativa, non può tuttavia che essere trattato molto velocemente nell'ambito degli insegnamenti di base. Buona parte della fluidodinamica (instabilità, turbolenza, fluidi non newtoniani, etc.) costituisce a tutt'oggi importante oggetto di attiva ricerca, collegato in molti modi alle ricerche più attuali di fisica fondamentale.	The central objective of the course is to provide the student with a general framework, basic but conceptually organized, of a sector of classical physics which, although very interesting in its theoretical foundations and simultaneously of great and multiple application utility, can however only be treated very quickly within the basic teachings. A large part of fluid dynamics (instability, turbulence, non-Newtonian fluids, etc.) is still today an important object of active research, linked in many ways to the most current research in fundamental physics.	48	102	
FISICA TEORICA	2	114699	FISICA QUANTISTICA AVANZATA	ADVANCED QUANTUM PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Fornire allo studente le basi della meccanica quantistica dei sistemi di molti corpi trattati nell'ambito della seconda quantizzazione, e familiarizzarlo con le applicazioni di tale metodo ad alcuni dei principali fenomeni fisici della fisica moderna.	To provide students with the fundamentals of quantum mechanics for many-body systems within the framework of second quantisation, and to familiarise them with the applications of this method to some of the key physical phenomena in modern physics.	60	90	
FISICA TEORICA	2	114704	TEORIA CLASSICA DEI CAMPI	CLASSICAL FIELD THEORY	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di introdurre il formalismo covariante per l'elettrodinamica e di svilupparne le principali applicazioni fisiche, con particolare enfasi sui fenomeni prettamente relativistici, come l'irraggiamento. Dopo avere introdotto il metodo funzionale per una generica teoria di campo relativistica, si studierà la soluzione generale delle equazioni di Maxwell, i campi elettromagnetici generati da una carica in moto, la radiazione emessa, lo sviluppo in multipoli, l'analisi spettrale della radiazione, gli effetti della radiazione sul moto delle particelle che la emettono.	The teaching aims to introduce the covariant formalism for electrodynamics and develop its main physical applications, with special emphasis on purely relativistic phenomena, such as radiation. After introducing the functional method for a generic relativistic field theory, the general solution of Maxwell's equations, electromagnetic fields generated by a moving charge, emitted radiation, development in multipoles, spectral analysis of radiation, and the effects of radiation on the motion of emitting particles will be studied.	48	102	
FISICA TEORICA	2	118314	TEORIA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI 1	THEORY OF FUNDAMENTAL INTERACTIONS 1	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di approfondire alcuni aspetti delle teorie di campo utilizzando metodi perturbativi. L'obiettivo principale dell'insegnamento è lo studio delle correzioni radiative e della rinormalizzazione delle teorie di gauge abeliane quali la QED. Verranno inoltre introdotti alcuni aspetti delle teorie di gauge non-Abeliane.	This teaching aims to explore certain aspects of field theories using perturbative methods. The main objective is to study radiative corrections and renormalisation in Abelian gauge theories such as QED. Certain aspects of non-Abelian gauge theories will also be introduced.	52	98	61842 - FISICA TEORICA (Obbligatorio)

FISICA TEORICA	2	118315	TEORIA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI 2	THEORY OF FUNDAMENTAL INTERACTIONS 2	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di illustrare la costruzione del modello standard di unificazione delle interazioni elettromagnetiche e deboli e della teoria delle interazioni forti dal punto di vista della teoria dei campi quantistici, a partire dalle osservazioni sperimentali rilevanti. Sarà dato rilievo alle applicazioni e alle principali direzioni di estensione della teoria.	The teaching aims to illustrate the construction of the standard unification model of electromagnetic and weak interactions and the theory of strong interactions from the perspective of quantum field theory, starting with relevant experimental observations. Emphasis will be given to the applications and main directions of extension of the theory.	48	102	61842 - FISICA TEORICA (Obbligatorio)
FISICA TEORICA	2	121776	OCEANOGRAFIA FISICA	PHYSICAL OCEANOGRAPHY	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	Il corso introduce i fondamenti della fluidodinamica geofisica applicata all'oceano e guida gli studenti, in modo progressivo, alla formulazione e analisi di un modello shallow-water di circolazione in un bacino forzato dal vento.	The course introduces the fundamentals of geophysical fluid dynamics as applied to the ocean and guides students, step by step, through the formulation and analysis of a shallow-water circulation model in a wind-driven basin.	52	98	
INTERNAZIONALE	1	61739	FISICA CLASSICA AVANZATA	ADVANCED CLASSIC PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano	Lo scopo dell'insegnamento è quello di integrare ed approfondire alcuni argomenti di Fisica Generale, per fornire una più estesa e solida conoscenza della Fisica Classica, dei suoi fondamenti e di alcune sue applicazioni. Gli argomenti trattati sono integrati da applicazioni varie e da modellizzazioni di problemi reali.	The purpose of the teaching is to integrate and deepen some topics in General Physics, to provide a more extensive and solid knowledge of Classical Physics, its fundamentals and some of its applications. The topics covered are supplemented by various applications and modeling of real problems.	48	102	
INTERNAZIONALE	1	61842	FISICA TEORICA	THEORETICAL PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Fornire allo studente le basi dell'estensione relativistica della meccanica quantistica, della generalizzazione relativistica della teoria dello scattering e della teoria covariante delle perturbazioni.	To provide students with the fundamentals of the relativistic extension of quantum mechanics, the relativistic generalisation of scattering theory, and the covariant theory of perturbations.	56	94	
INTERNAZIONALE	1	61843	METODI MATEMATICI AVANZATI DELLA FISICA	ADVANCED MATHEMATICAL METHODS IN PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di introdurre alcuni aspetti importanti e avanzati della matematica che, per questioni di tempo, non possono essere trattati nella laurea triennale. In particolare si cercherà di introdurre strumenti che hanno rilevanza nelle applicazioni alla fisica, come le funzioni di Green e il calcolo delle variazioni.	The teaching aims to introduce some important and advanced aspects of mathematics which, due to time constraints, cannot be covered in the three-year degree programme. In particular, the course will seek to introduce tools that are relevant to applications in physics, such as Green's functions and the calculus of variations.	52	98	
INTERNAZIONALE	1	61844	FISICA DELLA MATERIA 2	MATTER PHYSICS 2	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	Questo insegnamento si propone di fornire i fondamenti della fisica dei solidi, con particolare attenzione alle proprietà elettroniche. L'obiettivo principale è quello di spiegare la dinamica degli elettroni all'interno dei solidi cristallini con particolare enfasi ai semiconduttori. Verranno inoltre spiegate le principali proprietà magnetiche dei solidi, tra cui il ferromagnetismo. Infine si getteranno le basi teoriche per una comprensione del comportamento dei superconduttori e delle loro proprietà di trasporto.	This teaching aims to provide the fundamentals of solid-state physics, with a particular focus on electronic properties. The main objective is to explain the dynamics of electrons within crystalline solids, with particular emphasis on semiconductors. The main magnetic properties of solids, including ferromagnetism, will also be explained. Finally, the theoretical foundations will be laid for an understanding of the behaviour of superconductors and their transport properties.	56	94	
INTERNAZIONALE	1	61847	FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI 1	PARTICLE PHYSICS 1	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si prefigge di fornire un'introduzione alla fenomenologia e alla modellistica della fisica delle particelle.	The teaching aims to provide an introduction to the phenomenology and modelling of particle physics.	60	90	
INTERNAZIONALE	1	61862	LABORATORIO DI FISICA DELLA MATERIA	MATTER PHYSICS LABORATORY	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di presentare e sperimentare i principali metodi di investigazione a livello nanoscopico delle proprietà morfologiche-cristallografiche e spettroscopiche della materia sia nel volume che alla superficie.	The teaching aims to present and experiment with the main methods of investigating at the nanoscopic level the morphological-crystallographic and spectroscopic properties of matter both in volume and at the surface.	62	88	

INTERNAZIONALE	1	61863	FISICA DELLA MATERIA SOFFICE	SOFT MATTER PHYSICS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento introduce allo studio della materia caratterizzata da deboli interazioni tra costituenti poliatomici e da importanti effetti delle fluttuazioni termiche. Obiettivo dell'apprendimento è la conoscenza delle caratteristiche dei materiali soffici e delle interazioni che li governano, e la comprensione dei modelli che ne descrivono il comportamento.	Teaching introduces the study of matter characterized by weak interactions between polyatomic constituents and important effects of thermal fluctuations. The learning objective is knowledge of the characteristics of soft materials and the interactions that govern them, and an understanding of the models that describe their behavior.	52	98	
INTERNAZIONALE	1	61864	SPETTROSCOPIE E MATERIALI PER LA FOTONICA	SPECTROSCOPES AND MATERIALS FOR PHOTONICS	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Gli studenti matureranno competenze aggiornate sull'applicazione dei metodi spettroscopici allo studio delle proprietà ottiche di nano-materiali composti di interesse nel campo della fotonica. Attraverso l'attività di laboratorio, dimostrativa ed esperienziale, gli studenti acquisiranno competenze di base di spettroscopia ottica e di ellissometria spettroscopica.	Students will develop up-to-date skills on the application of spectroscopic methods to the study of the optical properties of composite nano-materials of interest in the field of photonics. Through laboratory, demonstration and experiential activities, students will acquire basic skills in optical spectroscopy and spectroscopic ellipsometry.	55	95	
INTERNAZIONALE	1	61865	SUPERCONDUTTIVITA'	SUPERCONDUCTIVITY	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento presenta gli aspetti fenomenologici e teorici di base per comprendere le proprietà dei materiali superconduttori. Obiettivo principale è fornire gli elementi indispensabili per interpretare il comportamento dei superconduttori e delle loro applicazioni partendo dalle teorie fenomenologiche di Ginzburg e Landau e dal quelle microscopiche BCS.	The teaching presents the basic phenomenological and theoretical aspects for understanding the properties of superconducting materials. The main objective is to provide the indispensable elements for interpreting the behavior of superconductors and their applications starting from the phenomenological theories of Ginzburg and Landau and the BCS microscopic theories.	52	98	
INTERNAZIONALE	1	61867	TEORIA STATISTICA DEI CAMPI	STATISTICAL THEORY OF FIELDS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Verificare e rafforzare le conoscenze di base sulla meccanica statistica. Affrontare argomenti recenti nel contesto più semplice possibile in modo tale da stimolare l'interesse per gli sviluppi moderni della meccanica statistica.	To review and consolidate basic knowledge of statistical mechanics. To address recent topics in the simplest possible context, with a view to stimulating interest in modern developments in statistical mechanics.	52	98	
INTERNAZIONALE	1	61868	LABORATORIO DI FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAM. E ASTROFISICA	LAB OF FUNDAMENTAL INTERACTIONS PHYSICS AND ASTROPHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Il laboratorio illustra le principali tecniche sperimentali utilizzate nella fisica delle interazioni fondamentali e astrofisica e permette agli studenti di progettare, eseguire ed elaborare i dati di un esperimento reale.	The laboratory illustrates the main experimental techniques used in fundamental interaction physics and astrophysics and allows students to design, perform and process the data of a real experiment.	62	88	
INTERNAZIONALE	1	61871	FISICA DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI	PHYSICS OF IONIZING RADIATION	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Fornire agli studenti una panoramica delle applicazioni delle tecniche della fisica nucleare in vari campi lavorativi, che vanno dalla tecnologia, al campo sanitario-ambientale e all'arte.	To provide students with an overview of the applications of nuclear physics techniques in various fields of work, ranging from technology to the health and environmental sectors and the arts.	52	98	
INTERNAZIONALE	1	61872	FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI 2	PARTICLE PHYSICS 2	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Obiettivo dell'insegnamento è presentare gli strumenti analitici di base e le basi fenomenologiche della moderna fisica delle particelle, anche attraverso svariati esempi ed applicazioni.	Teaching aims to present the basic analytical tools and phenomenological foundations of modern particle physics, including through a variety of examples and applications.	52	98	
INTERNAZIONALE	1	61875	RELATIVITA' GENERALE	GENERAL RELATIVITY	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Esposizione della teoria di Einstein delle interazioni gravitazionali con le sue principali conseguenze e applicazioni.	An overview of Einstein's theory of gravitational interactions, including its main implications and applications.	56	94	
INTERNAZIONALE	1	61876	TEORIA QUANTISTICA DEI CAMPI	QUANTUM FIELD THEORY	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Il corso discuterà come Meccanica Quantistica e Relatività ristretta possono essere integrati in un quadro teorico coerente i cui principi fisici fondamentali sono quelli di causalità e località. Verranno illustrati in maniera sistematica i grandi successi ed i metodi matematici di questa sintesi teorica, quali il teorema di spin-statistica, la teoria invariante delle perturbazioni, la quantizzazione delle teorie di gauge non-abeliane, la simmetria BRS, le anomalie.	The course will discuss how Quantum Mechanics and Special Relativity can be integrated into a coherent theoretical framework whose fundamental physical principles are those of causality and locality. The major achievements and mathematical methods of this theoretical synthesis, such as the spin-statistics theorem, the invariant theory of perturbations, the quantization of non-Abelian gauge theories, BRS symmetry, and anomalies, will be systematically illustrated.	52	98	

INTERNAZIONALE	1	61936	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	6	PHYS-03/A	AFFINIO INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Inglese	Il corso esplorerà la rilevanza di superfici e interfacce nella nanoscienza e per le nanotecnologie. Il corso introdurrà a) le quantità termodinamiche in eccesso alla superficie; b) la struttura cristallina alle superficie, rilassamento e ricostruzione, c) le proprietà dello stato elettronico fondamentale e la struttura a bande di superficie e gli stati elettronici di superficie; d) le proprietà magnetiche di superficie. Verranno discussi casi speciali relativi a superfici di semiconduttori, ossidi ed isolanti. Le proprietà di grafene, altri materiali bidimensionali e film ultrasottili verranno discussi rispetto alla dimensionalità con estensioni a dimensioni inferiori per fili atomici, scalini alla superficie e cluster di atomi. Verranno trattati gli stati eccitati: lo spettro fononico di superficie, eccitazioni elettroniche e magnetiche.	Relevance of surfaces and interfaces in Nanoscience and Nanotechnology. The course will introduce: a) the surface excess quantities and thermodynamical properties of surfaces; b) the surface crystallographic structure with relaxation and reconstruction phenomena; c) the surface electronic ground state properties and the surface states; d) the surface magnetic properties. Specific cases for semiconductor, oxide and insulator surfaces, graphene and other ultrathin films will be discussed with respect to dimensionality with extension towards one and zero dimensions, i.e atomic wires, surface steps and clusters. Excited states at surfaces will be treated: surface phonon spectra, surface electronic and magnetic excitations.	54	96	
INTERNAZIONALE	1	61936	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Inglese	Conessioni con la (Il corso esplorerà la rilevanza di superfici e interfacce nella nanoscienza e per le nanotecnologie. Il corso introdurrà a) le quantità termodinamiche in eccesso alla superficie; b) la struttura cristallina alle superficie, rilassamento e ricostruzione, c) le proprietà dello stato elettronico fondamentale e la struttura a bande di superficie e gli stati elettronici di superficie; d) le proprietà magnetiche di superficie. Verranno discussi casi speciali relativi a superfici di semiconduttori, ossidi ed isolanti. Le proprietà di grafene, altri materiali bidimensionali e film ultrasottili verranno discussi rispetto alla dimensionalità con estensioni a dimensioni inferiori per fili atomici, scalini alla superficie e cluster di atomi. Verranno trattati gli stati eccitati: lo spettro fononico di superficie, eccitazioni elettroniche e magnetiche.	Relevance of surfaces and interfaces in Nanoscience and Nanotechnology. The course will introduce: a) the surface excess quantities and thermodynamical properties of surfaces; b) the surface crystallographic structure with relaxation and reconstruction phenomena; c) the surface electronic ground state properties and the surface states; d) the surface magnetic properties. Specific cases for semiconductor, oxide and insulator surfaces, graphene and other ultrathin films will be discussed with respect to dimensionality with extension towards one and zero dimensions, i.e atomic wires, surface steps and clusters. Excited states at surfaces will be treated: surface phonon spectra, surface electronic and magnetic excitations.	54	96	
INTERNAZIONALE	1	62421	MATERIALI E DISPOSITIVI PER L'ELETTRONICA	MATERIALS AND DEVICES FOR ELECTRONICS	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di indagare e comprendere i meccanismi fisici alla base del funzionamento dei principali dispositivi utilizzati in elettronica e optoelettronica, partendo dalle proprietà dei materiali utilizzati per arrivare ai più recenti sviluppi tecnologici.	The teaching aims to investigate and understand the physical mechanisms underlying the operation of the main devices used in electronics and optoelectronics, starting from the properties of the materials used to the most recent technological	52	98	
INTERNAZIONALE	1	62424	LABORATORIO DI TERMODINAMICA AVANZATA	LAB OF ADVANCED THERMODYNAMICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Acquisizione di conoscenze e metodologie sperimentali avanzate di termodinamica applicata alle basse temperature e alla rivelazione di radiazioni, sensori termici ed elettronica associata.	Acquisition of knowledge and advanced experimental methodologies of thermodynamics applied to low temperatures and to the detection of radiation, thermal sensors and associated electronics.	62	88	
INTERNAZIONALE	1	62739	LABORATORIO DI BIOFISICA	LAB OF BIOPHYSICS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento consente agli studenti di conoscere alcuni tra i principali metodi di indagine per lo studio delle proprietà fisiche dei sistemi biologici, sia dal punto di vista dei principi di funzionamento sia dal punto di vista dell'approccio sperimentale utilizzato in laboratorio.	The teaching enables students to become acquainted with some of the main methods of investigation for studying the physical properties of biological systems, both from the point of view of the principles of operation and the experimental approach used in the laboratory.	62	88	

INTERNAZIONALE	1	66800	TEORIA QUANTISTICA DI SISTEMI ELETTRONICI E FOTONICI	QUANTUM THEORY OF ELECTRONIC AND PHOTONIC SYSTEMS	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento fornisce una base teorica per comprendere le proprietà quantistiche fuori equilibrio di sistemi a molti corpi sia elettronici che fotonici. Obiettivo principale è fornire un quadro esaustivo del loro comportamento evidenziando, nel regime fuori equilibrio, fenomeni prettamente quantistici quali la quantizzazione, l'interferenza e la correlazione. Saranno forniti i fondamenti e le metodologie teoriche necessarie per la trattazione e comprensione di questi sistemi.	The teaching provides a theoretical foundation for understanding the non-equilibrium quantum properties of both electronic and photonic many-body systems. The main objective is to provide a comprehensive overview of their behaviour, highlighting, in the non-equilibrium regime, purely quantum phenomena such as quantisation, interference and correlation. The course will cover the fundamentals and theoretical methodologies necessary for the analysis and understanding of these systems.	52	98	
INTERNAZIONALE	1	68873	ELETTRONICA APPLICATA	APPLIED ELECTRONICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di studiare il principio fisico, i principali aspetti costruttivi e applicazioni dei moderni sensori e strumenti. Gli studenti acquisiranno capacità di progettare modelli e usare schematizzazioni con piena coscienza delle limitazioni connesse.	The course aims to study the physical principle, the main constructive aspects and applications of modern sensors and instruments. Students will acquire the ability to design models and use schematizations with full awareness of the limitations involved.	48	102	
INTERNAZIONALE	1	87007	FISICA DELL'ATMOSFERA E DISPERSIONE D'INQUINANTI	PHYSICS OF THE ATMOSPHERE AND DISPERSION OF POLLUTANTS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento intende fornire gli elementi base di fisica dell'atmosfera relativi allo strato limite ovvero rilevanti per la dispersione e trasporto degli inquinanti. Inoltre si affronteranno le tecniche di calcolo per la simulazione numerica dei fenomeni dispersivi e alla base di modelli diagnostici basati su dati sperimentali (modelli a recettore). L'insegnamento nel suo complesso intende presentare le tecniche allo stato dell'arte nel settore.	The teaching aims to provide the basic principles of atmospheric physics relating to the boundary layer, i.e. those relevant to the dispersion and transport of pollutants. It will also cover the computational techniques used for the numerical simulation of dispersion phenomena and underlying diagnostic models based on experimental data (receptor models). Overall, the teaching aims to present state-of-the-art techniques in the field.	56	94	
INTERNAZIONALE	1	87010	FISICA E TECNOLOGIA DEI MAGNETI SUPERCONDUTTORI	PHYSICS AND TECHNOLOGY OF SUPERCONDUCTOR MAGNETS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento fornisce le competenze di base per la progettazione di magneti per le macchine acceleratrici e introduce all'uso di strumenti computazionali per la soluzione di problemi che coinvolgono l'applicazione di equazioni differenziali alle derivate parziali in magnetostatica. Particolare enfasi viene data alla progettazione e costruzione di magneti superconduttori grazie anche al supporto esterno di ASG Superconductors.	The teaching provides the basic skills required for the design of magnets for particle accelerators and introduces students to the use of computational tools for solving problems involving the application of partial differential equations in magnetostatics. Particular emphasis is placed on the design and construction of superconducting magnets, thanks in part to external support from ASG Superconductors.	48	102	
INTERNAZIONALE	1	87010	FISICA E TECNOLOGIA DEI MAGNETI SUPERCONDUTTORI	PHYSICS AND TECHNOLOGY OF SUPERCONDUCTOR MAGNETS	6	PHYS-01/A	AFFINIO INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento fornisce le competenze di base per la progettazione di magneti per le macchine acceleratrici e introduce all'uso di strumenti computazionali per la soluzione di problemi che coinvolgono l'applicazione di equazioni differenziali alle derivate parziali in magnetostatica. Particolare enfasi viene data alla progettazione e costruzione di magneti superconduttori grazie anche al supporto esterno di ASG Superconductors.	The teaching provides the basic skills required for the design of magnets for particle accelerators and introduces students to the use of computational tools for solving problems involving the application of partial differential equations in magnetostatics. Particular emphasis is placed on the design and construction of superconducting magnets, thanks in part to external support from ASG Superconductors.	48	102	
INTERNAZIONALE	1	87011	FISICA APPLICATA ALLA BIOMEDICINA E AI BIOMATERIALI	PHYSICS APPLIED TO BIOMEDICINE AND BIOMATERIALS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	La diffrazione di raggi X è stata applicata con successo allo studio della struttura di macromolecole biologiche, come per esempio le proteine. Questi studi strutturali si sono rivelati di fondamentale importanza nella ricerca applicata alla produzione di composti organici e di farmaci in particolare. Di qui l'interesse delle industrie chimiche e farmaceutiche a questa tecnica.	X-ray diffraction has been successfully applied to the study of the structure of biological macromolecules, such as proteins. These structural studies have proved to be of fundamental importance in research relating to the production of organic compounds and, in particular, pharmaceuticals. Hence the interest shown by the chemical and pharmaceutical industries	52	98	

INTERNAZIONALE	1	94844	ONDE GRAVITAZIONALI	GRAVITATIONAL WAVES	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di fornire agli studenti conoscenze adeguate sui fondamenti teorici, sulle tecniche sperimentali e sulle strategie di analisi dei dati, necessari per comprendere la letteratura scientifica sulle osservazioni di onde gravitazionali e sulle loro implicazioni nel campo dell'astronomia, astrofisica, cosmologia e fisica fondamentale.	The course aims to provide students with a sound understanding of the theoretical foundations, experimental techniques and data analysis strategies required to comprehend the scientific literature on gravitational wave observations and their implications for astronomy, astrophysics, cosmology and fundamental physics.	48	102	
INTERNAZIONALE	1	94888	OTTICA APPLICATA	APPLIED OPTICS	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento illustra, sia attraverso lezioni che attività di laboratorio, alcune importanti applicazioni moderne dell'ottica.	The teaching illustrates, through both lectures and practical sessions, some important modern applications of optics.	62	88	
INTERNAZIONALE	1	94888	OTTICA APPLICATA	APPLIED OPTICS	6	PHYS-03/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento illustra, sia attraverso lezioni che attività di laboratorio, alcune importanti applicazioni moderne dell'ottica.	The teaching illustrates, through both lectures and practical sessions, some important modern applications of optics.	62	88	
INTERNAZIONALE	1	98389	FONDAMENTI DI COMPUTAZIONE QUANTISTICA	ELEMENTS OF QUANTUM COMPUTING	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano	L'insegnamento costituisce un'introduzione all'informatica e alla computazione quantistica. Gli aspetti teorici sono affiancati da applicazioni pratiche allo scopo di permettere un immediato contatto con i recenti sviluppi del campo.	The course is an introduction to computer science and quantum computing. The theoretical aspects are supported by practical applications in order to allow immediate contact with recent developments in the field.	48	102	
INTERNAZIONALE	1	98890	METODI DI SIMULAZIONE APPLICATI ALLA FISICA	SIMULATION METHODS APPLIED TO PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Obiettivo dell'insegnamento e' fornire gli strumenti di comprensione, sia sotto il profilo matematico, sia sotto quello fisico, della simulazione Monte Carlo del trasporto di particelle e radiazione nella materia.	The aim of the teaching is to provide the tools for understanding, from both a mathematical and a physical perspective, the Monte Carlo simulation of particle and radiation transport in matter.	48	102	
INTERNAZIONALE	1	101938	METODI COMPUTAZIONALI PER LA FISICA DELLA MATERIA	COMPUTATIONAL METHODS FOR MATTER PHYSICS	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	Gli obiettivi formativi dell'insegnamento sono: apprendimento dei concetti di energy landscape e di free-energy landscape, apprendimento dei principi alla base dei metodi per l'esplorazione dell'energy landscape per sistemi complessi, apprendimento dei concetti di variabili collettive e di free-energy landscape, apprendimento dei metodi piu' importanti per l'esplorazione dell'energy landscape, acquisizione della capacita' di elaborare e utilizzare software per lo studio dei sistemi complessi di interesse nella fisica della materia e nella biofisica.	The teaching objectives of the course are: to learn the concepts of the energy landscape and the free-energy landscape; to learn the principles underlying methods for exploring the energy landscape of complex systems; to learn the concepts of collective variables and the free-energy landscape; learning the most important methods for exploring the energy landscape, and acquiring the ability to develop and use software for the study of complex systems of interest in condensed matter physics and biophysics.	52	98	
INTERNAZIONALE	1	102447	FASI TOPOLOGICHE DELLA MATERIA CONDENSATA	TOPOLOGICAL PHASES OF CONDENSED MATTER	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'obiettivo principale è quello di fornire le basi per comprendere la fisica dei sistemi topologici di materia condensata. In particolare, si porrà l'attenzione sui modelli reticolari per fermioni e spin. L'origine della quantizzazione topologica di osservabili come la conduttanza Hall e la carica trasportata nel modello di Rice Mele verrà spiegata nel dettaglio. I gli stati legati topologici saranno altresì discussi. Le potenziali applicazioni tecnologiche verranno infine illustrate.	The main objective is to provide the foundations for understanding the physics of topological systems in condensed matter. In particular, the focus will be on lattice models for fermions and spins. The origin of the topological quantisation of observables such as Hall conductance and charge transport in the Rice-Mele model will be explained in detail. Topological bound states will also be discussed. Finally, potential technological applications will be outlined.	48	102	
INTERNAZIONALE	1	102471	ABILITA' LINGUISTICHE	LANGUAGE SKILLS	2		ALTRE ATTIVITA'	Ulteriori conoscenze linguistiche				16	34	
INTERNAZIONALE	1	109092	ACCELERATORI DI PARTICELLE	PARTICLE ACCELERATORS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento presenta lo stato dell'arte degli acceleratori di particelle attualmente in uso, descrivendone le caratteristiche salienti e le principali leggi fisiche e limitazioni tecnologiche che ne determinano le prestazioni.	The course presents the state of the art of particle accelerators currently in use, describing their main characteristics and the main physical laws and technological limitations that determine their performance.	48	102	
INTERNAZIONALE	1	109092	ACCELERATORI DI PARTICELLE	PARTICLE ACCELERATORS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento presenta lo stato dell'arte degli acceleratori di particelle attualmente in uso, descrivendone le caratteristiche salienti e le principali leggi fisiche e limitazioni tecnologiche che ne determinano le prestazioni.	The course presents the state of the art of particle accelerators currently in use, describing their main characteristics and the main physical laws and technological limitations that determine their performance.	48	102	

INTERNAZIONALE	1	109117	FISICA STATISTICA	STATISTICAL PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di approfondire lo studio della Fisica Statistica dei sistemi vicini all'equilibrio. Si affronteranno alcuni temi interessanti come le relazioni di Onsager, i fenomeni termoelettrici, la teoria cinetica dei gas e l'idrodinamica dei fluidi semplici.	The teaching aims to deepen the study of Statistical Physics of near-equilibrium systems. Some interesting topics such as Onsager relations, thermoelectric phenomena, kinetic theory of gases, and hydrodynamics of simple fluids will be addressed.	52	98
INTERNAZIONALE	1	111403	MACHINE LEARNING FOR PHYSICISTS	MACHINE LEARNING FOR PHYSICISTS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Inglese	Teaching aims to develop skills in understanding and implementing machine learning algorithms applied to physics problems. Major neural algorithms will be described and discussed with various practical examples of how they are used to solve physics problems.	Teaching aims to develop skills in understanding and implementing machine learning algorithms applied to physics problems. Major neural algorithms will be described and discussed with various practical examples of how they are used to solve physics problems.	52	98
INTERNAZIONALE	1	111406	FLUIDODINAMICA GENERALE	FLUID DYNAMICS	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano	Obiettivo centrale dell'insegnamento è fornire allo studente un quadro generale, di base ma concettualmente organizzato, di un settore della fisica classica che, pur essendo assai interessante nelle sue fondamenta teoriche e simultaneamente di grande e molteplice utilità applicativa, non può tuttavia che essere trattato molto velocemente nell'ambito degli insegnamenti di base. Buona parte della fluidodinamica (instabilità, turbolenza, fluidi non newtoniani, etc.) costituisce a tutt'oggi importante oggetto di attiva ricerca, collegato in molti modi alle ricerche più attuali di fisica fondamentale.	The central objective of the course is to provide the student with a general framework, basic but conceptually organized, of a sector of classical physics which, although very interesting in its theoretical foundations and simultaneously of great and multiple application utility, can however only be treated very quickly within the basic teachings. A large part of fluid dynamics (instability, turbulence, non-Newtonian fluids, etc.) is still today an important object of active research, linked in many ways to the most current research in fundamental physics.	48	102
INTERNAZIONALE	1	114683	FISICA DEI NEUTRONI	NEUTRON PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Microfisica della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento fornisce agli studenti le conoscenze dei meccanismi fisici su cui si basa il funzionamento dei reattori a fusione ed a fissione. In particolare come funziona il contenimento dei plasmi mediante campi magnetici nei reattori a fusione, come vengono prodotti e regolati i flussi di neutroni all'interno dei reattori a fissione, quali sono i processi utilizzati per la produzione e l'estrazione dell'energia, quali sono i sistemi di monitoraggio di produzione di energia. Verranno inoltre analizzati i reattori attualmente in funzione e di quelli di prossima generazione.	The teaching provides students with an understanding of the physical mechanisms underlying the operation of fusion and fission reactors. In particular, it covers how plasma confinement works using magnetic fields in fusion reactors, how neutron fluxes are produced and regulated within fission reactors, the processes used for energy production and extraction, and the systems used to monitor energy production. The course will also analyse reactors currently in operation and those of the next generation.	52	98
INTERNAZIONALE	1	114699	FISICA QUANTISTICA AVANZATA	ADVANCED QUANTUM PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Fornire allo studente le basi della meccanica quantistica dei sistemi di molti corpi trattati nell'ambito della seconda quantizzazione, e familiarizzarlo con le applicazioni di tale metodo ad alcuni dei principali fenomeni fisici della fisica moderna.	To provide students with the fundamentals of quantum mechanics for many-body systems within the framework of second quantisation, and to familiarise them with the applications of this method to some of the key physical phenomena in modern physics.	60	90
INTERNAZIONALE	1	114700	MULTI-FREQUENCY AND MULTI-MESSENGER ASTROPHYSICS	MULTI-FREQUENCY AND MULTI-MESSENGER ASTROPHYSICS	6	PHYS-05/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Inglese	The teaching aims to provide the fundamentals of experimental astrophysics, with particular reference to the construction and use of instrumentation for observing the cosmos.	The teaching aims to provide the fundamentals of experimental astrophysics, with particular reference to the construction and use of instrumentation for observing the cosmos.	48	102

INTERNAZIONALE	1	114704	TEORIA CLASSICA DEI CAMPI	CLASSICAL FIELD THEORY	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di introdurre il formalismo covariante per l'elettrodinamica e di svilupparne le principali applicazioni fisiche, con particolare enfasi sui fenomeni prettamente relativistici, come l'irraggiamento. Dopo avere introdotto il metodo funzionale per una generica teoria di campo relativistica, si studierà la soluzione generale delle equazioni di Maxwell, i campi elettromagnetici generati da una carica in moto, la radiazione emessa, lo sviluppo in multipoli, l'analisi spettrale della radiazione, gli effetti della radiazione sul moto delle particelle che la emettono.	The teaching aims to introduce the covariant formalism for electrodynamics and develop its main physical applications, with special emphasis on purely relativistic phenomena, such as radiation. After introducing the functional method for a generic relativistic field theory, the general solution of Maxwell's equations, electromagnetic fields generated by a moving charge, emitted radiation, development in multipoles, spectral analysis of radiation, and the effects of radiation on the motion of emitting particles will be studied.	48	102	
INTERNAZIONALE	1	118274	FISICA DEI RIVELATORI DI PARTICELLE	PARTICLE DETECTOR PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	Comprensione dei principi e fenomeni fisici di base della interazione tra particelle e materia, dei principi di funzionamento delle principali classi e tipi di rivelatori di particelle e dell'architettura di un esperimento. Funzionamento e uso guidato di alcuni semplici dispositivi di rivelazione.	Understanding of the basic physical principles and phenomena underlying the interaction between particles and matter, the operating principles of the main classes and types of particle detectors, and the architecture of an experiment. Operation and guided use of some simple detection devices.	52	98	
INTERNAZIONALE	1	118314	TEORIA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI 1	THEORY OF FUNDAMENTAL INTERACTIONS 1	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di approfondire alcuni aspetti delle teorie di campo utilizzando metodi perturbativi. L'obiettivo principale dell'insegnamento è lo studio delle correzioni radiative e della rinormalizzazione delle teorie di gauge abeliane quali la QED. Verranno inoltre introdotti alcuni aspetti delle teorie di gauge non-Abeliane.	This teaching aims to explore certain aspects of field theories using perturbative methods. The main objective is to study radiative corrections and renormalisation in Abelian gauge theories such as QED. Certain aspects of non-Abelian gauge theories will also be introduced.	52	98	61842 - FISICA TEORICA (Obbligatorio)
INTERNAZIONALE	1	118327	SOLAR ENERGY AND SOLAR CELLS	SOLAR ENERGY AND SOLAR CELLS	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Inglese	Il corso, erogato nel secondo semestre, guiderà gli studenti verso una comprensione approfondita del potenziale dell'energia solare per soddisfare il fabbisogno energetico dell'umanità, esplorando lo spettro delle tecnologie di conversione dell'energia solare, con un forte accento sul fotovoltaico (PV). Inizialmente, gli studenti acquisiranno conoscenze sui principi fisici dell'interazione luce-materia, collegando la risposta ottica alla struttura elettronica a bande dei materiali rilevanti per le tecnologie fotovoltaiche. Successivamente, apprenderanno il potenziale della radiazione solare e impareranno a utilizzare database di radiazione solare per valutare le prestazioni di un impianto fotovoltaico in una specifica località. Comprendranno le basi fisiche dell'effetto fotovoltaico e delle	The course, delivered in the second semester, will guide students toward a thorough understanding of the potential of solar energy to meet humankind's power needs by exploring a diverse portfolio of renewable energy conversion technologies, with a strong emphasis on photovoltaics (PV). First, they will gain insight into the physical basis of light-matter interaction, linking the optical response to the electronic band structure of materials relevant to PV technologies. Subsequently, they will acquire knowledge about solar energy radiation potential and learn how to apply solar radiation databases to assess the performance of a PV plant in a specific location. They will understand the physical foundation of the photovoltaic effect and first generation PV technologies, which are	52	98	
INTERNAZIONALE	1	118354	NANOSTRUCTURES	NANOSTRUCTURES	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Inglese	Conoscenza delle principali tecniche sperimentali specifiche del campo. Lettura ed approfondimento di un articolo scientifico. Introduzione ad un approccio sperimentale multidisciplinare. Alla fine del corso, lo studente deve avere acquisito autonomia nel leggere criticamente un articolo scientifico, comprendendone la parte modellistica e quella sperimentale. Inoltre deve essere in grado di esporre un argomento in modo chiaro ed esauriente.	Knowledge of the main experimental techniques specific to the field. Reading and deepening of a scientific article. Introduction to a multidisciplinary experimental approach. By the end of the course, the student must have gained autonomy in critically reading a scientific article, understanding its modeling and experimental parts. He or she must also be able to expound an argument clearly and comprehensively. Considering the topics covered, the teaching is suitable for the professional profile choice "Materials Scientist: research specialist."	48	102	

INTERNAZIONALE	1	121776	OCEANOGRAFIA FISICA	PHYSICAL OCEANOGRAPHY	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	Il corso introduce i fondamenti della fluidodinamica geofisica applicata all'oceano e guida gli studenti, in modo progressivo, alla formulazione e analisi di un modello shallow-water di circolazione in un bacino forzato dal vento.	The course introduces the fundamentals of geophysical fluid dynamics as applied to the ocean and guides students, step by step, through the formulation and analysis of a shallow-water circulation model in a wind-driven basin.	52	98
INTERNAZIONALE	2	61739	FISICA CLASSICA AVANZATA	ADVANCED CLASSIC PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano	Lo scopo dell'insegnamento è quello di integrare ed approfondire alcuni argomenti di Fisica Generale, per fornire una più estesa e solida conoscenza della Fisica Classica, dei suoi fondamenti e di alcune sue applicazioni. Gli argomenti trattati sono integrati da applicazioni varie e da modellizzazioni di problemi reali.	The purpose of the teaching is to integrate and deepen some topics in General Physics, to provide a more extensive and solid knowledge of Classical Physics, its fundamentals and some of its applications. The topics covered are supplemented by various applications and modeling of real problems.	48	102
INTERNAZIONALE	2	61842	FISICA TEORICA	THEORETICAL PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Fornire allo studente le basi dell'estensione relativistica della meccanica quantistica, della generalizzazione relativistica della teoria dello scattering e della teoria covariante delle perturbazioni.	To provide students with the fundamentals of the relativistic extension of quantum mechanics, the relativistic generalisation of scattering theory, and the covariant theory of perturbations.	56	94
INTERNAZIONALE	2	61843	METODI MATEMATICI AVANZATI DELLA FISICA	ADVANCED MATHEMATICAL METHODS IN PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di introdurre alcuni aspetti importanti e avanzati della matematica che, per questioni di tempo, non possono essere trattati nella laurea triennale. In particolare si cercherà di introdurre strumenti che hanno rilevanza nelle applicazioni alla fisica, come le funzioni di Green e il calcolo delle variazioni.	The teaching aims to introduce some important and advanced aspects of mathematics which, due to time constraints, cannot be covered in the three-year degree programme. In particular, the course will seek to introduce tools that are relevant to applications in physics, such as Green's functions and the calculus of variations.	52	98
INTERNAZIONALE	2	61862	LABORATORIO DI FISICA DELLA MATERIA	MATTER PHYSICS LABORATORY	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di presentare e sperimentare i principali metodi di investigazione a livello nanoscopico delle proprietà morfologiche-cristallografiche e spettroscopiche della materia sia nel volume che alla superficie.	The teaching aims to present and experiment with the main methods of investigating at the nanoscopic level the morphological-crystallographic and spectroscopic properties of matter both in volume and at the surface.	62	88
INTERNAZIONALE	2	61863	FISICA DELLA MATERIA SOFFICE	SOFT MATTER PHYSICS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento introduce allo studio della materia caratterizzata da deboli interazioni tra costituenti poliatomici e da importanti effetti delle fluttuazioni termiche. Obiettivo dell'apprendimento è la conoscenza delle caratteristiche dei materiali soffici e delle interazioni che li governano, e la comprensione dei modelli che ne descrivono il comportamento.	Teaching introduces the study of matter characterized by weak interactions between polyatomic constituents and important effects of thermal fluctuations. The learning objective is knowledge of the characteristics of soft materials and the interactions that govern them, and an understanding of the models that describe their behavior.	52	98
INTERNAZIONALE	2	61864	SPETTROSCOPIE E MATERIALI PER LA FOTONICA	SPECTROSCOPIES AND MATERIALS FOR PHOTONICS	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Gli studenti matureranno competenze aggiornate sull'applicazione dei metodi spettroscopici allo studio delle proprietà ottiche di nano-materiali composti di interesse nel campo della fotonica. Attraverso l'attività di laboratorio, dimostrativa ed esperienziale, gli studenti acquisiranno competenze di base di spettroscopia ottica e di ellissometria spettroscopica.	Students will develop up-to-date skills on the application of spectroscopic methods to the study of the optical properties of composite nano-materials of interest in the field of photonics. Through laboratory, demonstration and experiential activities, students will acquire basic skills in optical spectroscopy and spectroscopic ellipsometry.	55	95
INTERNAZIONALE	2	61865	SUPERCONDUTTIVITA'	SUPERCONDUCTIVITY	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento presenta gli aspetti fenomenologici e teorici di base per comprendere le proprietà dei materiali superconduttori. Obiettivo principale è fornire gli elementi indispensabili per interpretare il comportamento dei superconduttori e delle loro applicazioni partendo dalle teorie fenomenologiche di Ginzburg e Landau e dal quelle microscopiche BCS.	The teaching presents the basic phenomenological and theoretical aspects for understanding the properties of superconducting materials. The main objective is to provide the indispensable elements for interpreting the behavior of superconductors and their applications starting from the phenomenological theories of Ginzburg and Landau and the BCS microscopic theories.	52	98

INTERNAZIONALE	2	61867	TEORIA STATISTICA DEI CAMPI	STATISTICAL THEORY OF FIELDS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Verificare e rafforzare le conoscenze di base sulla meccanica statistica. Affrontare argomenti recenti nel contesto più semplice possibile in modo tale da stimolare l'interesse per gli sviluppi moderni della meccanica statistica.	To review and consolidate basic knowledge of statistical mechanics. To address recent topics in the simplest possible context, with a view to stimulating interest in modern developments in statistical mechanics.	52	98
INTERNAZIONALE	2	61868	LABORATORIO DI FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAM. E ASTROFISICA	LAB OF FUNDAMENTAL INTERACTIONS PHYSICS AND ASTROPHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Il laboratorio illustra le principali tecniche sperimentali utilizzate nella fisica delle interazioni fondamentali e astrofisica e permette agli studenti di progettare, eseguire ed elaborare i dati di un esperimento reale.	The laboratory illustrates the main experimental techniques used in fundamental interaction physics and astrophysics and allows students to design, perform and process the data of a real experiment.	62	88
INTERNAZIONALE	2	61871	FISICA DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI	PHYSICS OF IONIZING RADIATION	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Fornire agli studenti una panoramica delle applicazioni delle tecniche della fisica nucleare in vari campi lavorativi, che vanno dalla tecnologia, al campo sanitario-ambientale e all'arte.	To provide students with an overview of the applications of nuclear physics techniques in various fields of work, ranging from technology to the health and environmental sectors and the arts.	52	98
INTERNAZIONALE	2	61872	FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI 2	PARTICLE PHYSICS 2	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Obiettivo dell'insegnamento è presentare gli strumenti analitici di base e le basi fenomenologiche della moderna fisica delle particelle, anche attraverso svariati esempi ed applicazioni.	Teaching aims to present the basic analytical tools and phenomenological foundations of modern particle physics, including through a variety of examples and applications.	52	98
INTERNAZIONALE	2	61875	RELATIVITA' GENERALE	GENERAL RELATIVITY	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Esposizione della teoria di Einstein delle interazioni gravitazionali con le sue principali conseguenze e applicazioni.	An overview of Einstein's theory of gravitational interactions, including its main implications and applications.	56	94
INTERNAZIONALE	2	61876	TEORIA QUANTISTICA DEI CAMPI	QUANTUM FIELD THEORY	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Il corso discuterà come Meccanica Quantistica e Relatività ristretta possono essere integrati in un quadro teorico coerente i cui principi fisici fondamentali sono quelli di causalità e località. Verranno illustrati in maniera sistematica i grandi successi ed i metodi matematici di questa sintesi teorica, quali il teorema di spin-statistica, la teoria invariante delle perturbazioni, la quantizzazione delle teorie di gauge non-abeliane, la simmetria BRS, le anomalie.	The course will discuss how Quantum Mechanics and Special Relativity can be integrated into a coherent theoretical framework whose fundamental physical principles are those of causality and locality. The major achievements and mathematical methods of this theoretical synthesis, such as the spin-statistics theorem, the invariant theory of perturbations, the quantization of non-Abelian gauge theories, BRS symmetry, and anomalies, will be systematically illustrated.	52	98
INTERNAZIONALE	2	61936	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	6	PHYS-03/A	AFFINIO INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Inglese	Il corso esplorerà la rilevanza di superfici e interfacce nella nanoscienza e per le nanotecnologie. Il corso introdurrà a) le quantità termodinamiche in eccesso alla superficie; b) la struttura cristallina alle superficie, rilassamento e ricostruzione, c) le proprietà dello stato elettronico fondamentale e la struttura a bande di superficie e gli stati elettronici di superficie; d) le proprietà magnetiche di superficie. Verranno discussi casi speciali relativi a superfici di semiconduttori, ossidi ed isolanti. Le proprietà di grafene, altri materiali bidimensionali e film ultrasottili verranno discussi rispetto alla dimensionalità con estensioni a dimensioni inferiori per fili atomici, scalini alla superficie e cluster di atomi. Verranno trattati gli stati eccitati: lo spettro fononico di superficie, eccitazioni elettroniche e magnetiche. Connessioni con la	Relevance of surfaces and interfaces in Nanoscience and Nanotechnology. The course will introduce: a) the surface excess quantities and thermodynamical properties of surfaces; b) the surface crystallographic structure with relaxation and reconstruction phenomena; c) the surface electronic ground state properties and the surface states; d) the surface magnetic properties. Specific cases for semiconductor, oxide and insulator surfaces, graphene and other ultrathin films will be discussed with respect to dimensionality with extension towards one and zero dimensions, i.e atomic wires, surface steps and clusters. Excited states at surfaces will be treated: surface phonon spectra, surface electronic and magnetic excitations. Connections to	54	96

INTERNAZIONALE	2	61936	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	SURFACE SCIENCE AND NANOSTRUCTURING AT SURFACE	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Inglese	Il corso esplorerà la rilevanza di superfici e interfacce nella nanoscienza e per le nanotecnologie. Il corso introdurrà a) le quantità termodinamiche in eccesso alla superficie; b) la struttura cristallina alle superficie, rilassamento e ricostruzione, c) le proprietà dello stato elettronico fondamentale e la struttura a bande di superficie e gli stati elettronici di superficie; d) le proprietà magnetiche di superficie. Verranno discussi casi speciali relativi a superfici di semiconduttori, ossidi ed isolanti. Le proprietà di grafene, altri materiali bidimensionali e film ultrasottili verranno discussi rispetto alla dimensionalità con estensioni a dimensioni inferiori per fili atomici, scalini alla superficie e cluster di atomi. Verranno trattati gli stati eccitati: lo spettro fononico di superficie, eccitazioni elettroniche e magnetiche. Connessioni con la	Relevance of surfaces and interfaces in Nanoscience and Nanotechnology. The course will introduce: a) the surface excess quantities and thermodynamical properties of surfaces; b) the surface crystallographic structure with relaxation and reconstruction phenomena; c) the surface electronic ground state properties and the surface states; d) the surface magnetic properties. Specific cases for semiconductor, oxide and insulator surfaces, graphene and other ultrathin films will be discussed with respect to dimensionality with extension towards one and zero dimensions, i.e atomic wires, surface steps and clusters. Excited states at surfaces will be treated: surface phonon spectra, surface electronic and magnetic excitations. Connections to	54	96
INTERNAZIONALE	2	62421	MATERIALI E DISPOSITIVI PER L'ELETTRONICA	MATERIALS AND DEVICES FOR ELECTRONICS	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di indagare e comprendere i meccanismi fisici alla base del funzionamento dei principali dispositivi utilizzati in elettronica e optoelettronica, partendo dalle proprietà dei materiali utilizzati per arrivare ai più recenti sviluppi tecnologici.	The teaching aims to investigate and understand the physical mechanisms underlying the operation of the main devices used in electronics and optoelectronics, starting from the properties of the materials used to the most recent technological	52	98
INTERNAZIONALE	2	62424	LABORATORIO DI TERMODINAMICA AVANZATA	LAB OF ADVANCED THERMODYNAMICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Acquisizione di conoscenze e metodologie sperimentali avanzate di termodinamica applicata alle basse temperature e alla rivelazione di radiazioni, sensori termici ed elettronica associata.	Acquisition of knowledge and advanced experimental methodologies of thermodynamics applied to low temperatures and to the detection of radiation, thermal sensors and associated electronics.	62	88
INTERNAZIONALE	2	62739	LABORATORIO DI BIOFISICA	LAB OF BIOPHYSICS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento consente agli studenti di conoscere alcuni tra i principali metodi di indagine per lo studio delle proprietà fisiche dei sistemi biologici, sia dal punto di vista dei principi di funzionamento sia dal punto di vista dell'approccio sperimentale utilizzato in laboratorio.	The teaching enables students to become acquainted with some of the main methods of investigation for studying the physical properties of biological systems, both from the point of view of the principles of operation and the experimental approach used in the laboratory.	62	88
INTERNAZIONALE	2	66800	TEORIA QUANTISTICA DI SISTEMI ELETTRONICI E FOTONICI	QUANTUM THEORY OF ELECTRONIC AND PHOTONIC SYSTEMS	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento fornisce una base teorica per comprendere le proprietà quantistiche fuori equilibrio di sistemi a molti corpi sia elettronici che fotonici. Obiettivo principale è fornire un quadro esaustivo del loro comportamento evidenziando, nel regime fuori equilibrio, fenomeni prettamente quantistici quali la quantizzazione, l'interferenza e la correlazione. Saranno forniti i fondamenti e le metodologie teoriche necessarie per la trattazione e comprensione di questi sistemi.	The teaching provides a theoretical foundation for understanding the non-equilibrium quantum properties of both electronic and photonic many-body systems. The main objective is to provide a comprehensive overview of their behaviour, highlighting, in the non-equilibrium regime, purely quantum phenomena such as quantisation, interference and correlation. The course will cover the fundamentals and theoretical methodologies necessary for the analysis and understanding of these systems.	52	98
INTERNAZIONALE	2	68873	ELETTRONICA APPLICATA	APPLIED ELECTRONICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di studiare il principio fisico, i principali aspetti costruttivi e applicazioni dei moderni sensori e strumenti. Gli studenti acquisiranno capacità di progettare modelli e usare schematizzazioni con piena coscienza delle limitazioni connesse.	The course aims to study the physical principle, the main constructive aspects and applications of modern sensors and instruments. Students will acquire the ability to design models and use schematizations with full awareness of the limitations involved.	48	102

INTERNAZIONALE	2	87010	FISICA E TECNOLOGIA DEI MAGNETI SUPERCONDUTTORI	PHYSICS AND TECHNOLOGY OF SUPERCONDUCTOR MAGNETS	6	PHYS-01/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento fornisce le competenze di base per la progettazione di magneti per le macchine acceleratrici e introduce all'uso di strumenti computazionali per la soluzione di problemi che coinvolgono l'applicazione di equazioni differenziali alle derivate parziali in magnetostatica. Particolare enfasi viene data alla progettazione e costruzione di magneti superconduttori grazie anche al supporto esterno di ASG Superconductors.	The teaching provides the basic skills required for the design of magnets for particle accelerators and introduces students to the use of computational tools for solving problems involving the application of partial differential equations in magnetostatics. Particular emphasis is placed on the design and construction of superconducting magnets, thanks in part to external support from ASG Superconductors.	48	102	
INTERNAZIONALE	2	87010	FISICA E TECNOLOGIA DEI MAGNETI SUPERCONDUTTORI	PHYSICS AND TECHNOLOGY OF SUPERCONDUCTOR MAGNETS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento fornisce le competenze di base per la progettazione di magneti per le macchine acceleratrici e introduce all'uso di strumenti computazionali per la soluzione di problemi che coinvolgono l'applicazione di equazioni differenziali alle derivate parziali in magnetostatica. Particolare enfasi viene data alla progettazione e costruzione di magneti superconduttori grazie anche al supporto esterno di ASG Superconductors.	The teaching provides the basic skills required for the design of magnets for particle accelerators and introduces students to the use of computational tools for solving problems involving the application of partial differential equations in magnetostatics. Particular emphasis is placed on the design and construction of superconducting magnets, thanks in part to external support from ASG Superconductors.	48	102	
INTERNAZIONALE	2	87011	FISICA APPLICATA ALLA BIOMEDICINA E AI BIOMATERIALI	PHYSICS APPLIED TO BIOMEDICINE AND BIOMATERIALS	6	PHYS-06/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	La diffrazione di raggi X è stata applicata con successo allo studio della struttura dimacromolecole biologiche, come per esempio le proteine. Questi studi strutturali si sono rivelati di fondamentale importanza nella ricerca applicata alla produzione di composti organici e di farmaci in particolare. Di qui l'interesse delle industrie chimiche e farmaceutiche a questa tecnica.	X-ray diffraction has been successfully applied to the study of the structure of biological macromolecules, such as proteins. These structural studies have proved to be of fundamental importance in research relating to the production of organic compounds and, in particular, pharmaceuticals. Hence the interest shown by the chemical and pharmaceutical industries	52	98	
INTERNAZIONALE	2	94844	ONDE GRAVITAZIONALI	GRAVITATIONAL WAVES	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di fornire agli studenti conoscenze adeguate sui fondamenti teorici, sulle tecniche sperimentali e sulle strategie di analisi dei dati, necessari per comprendere la letteratura scientifica sulle osservazioni di onde gravitazionali e sulle loro implicazioni nel campo dell'astronomia, astrofisica, cosmologia e fisica fondamentale.	The course aims to provide students with a sound understanding of the theoretical foundations, experimental techniques and data analysis strategies required to comprehend the scientific literature on gravitational wave observations and their implications for astronomy, astrophysics, cosmology and fundamental physics.	48	102	
INTERNAZIONALE	2	94888	OTTICA APPLICATA	APPLIED OPTICS	6	PHYS-03/A	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento illustra, sia attraverso lezioni che attività di laboratorio, alcune importanti applicazioni moderne dell'ottica.	The teaching illustrates, through both lectures and practical sessions, some important modern applications of optics.	62	88	
INTERNAZIONALE	2	94888	OTTICA APPLICATA	APPLIED OPTICS	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento illustra, sia attraverso lezioni che attività di laboratorio, alcune importanti applicazioni moderne dell'ottica.	The teaching illustrates, through both lectures and practical sessions, some important modern applications of optics.	62	88	
INTERNAZIONALE	2	98389	FONDAMENTI DI COMPUTAZIONE QUANTISTICA	ELEMENTS OF QUANTUM COMPUTING	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano	L'insegnamento costituisce un'introduzione all'informatica e alla computazione quantistica. Gli aspetti teorici sono affiancati da applicazioni pratiche allo scopo di permettere un immediato contatto con i recenti sviluppi del campo.	The course is an introduction to computer science and quantum computing. The theoretical aspects are supported by practical applications in order to allow immediate contact with recent developments in the field.	48	102	
INTERNAZIONALE	2	98890	METODI DI SIMULAZIONE APPLICATI ALLA FISICA	SIMULATION METHODS APPLIED TO PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Obiettivo dell'insegnamento e' fornire gli strumenti di comprensione, sia sotto il profilo matematico, sia sotto quello fisico, della simulazione Monte Carlo del trasporto di particelle e radiazione nella materia.	The aim of the teaching is to provide the tools for understanding, from both a mathematical and a physical perspective, the Monte Carlo simulation of particle and radiation transport in matter.	48	102	

INTERNAZIONALE	2	101938	METODI COMPUTAZIONALI PER LA FISICA DELLA MATERIA	COMPUTATIONAL METHODS FOR MATTER PHYSICS	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	Gli obiettivi formativi dell'insegnamento sono: apprendimento dei concetti di energy landscape e di free-energy landscape, apprendimento dei principi alla base dei metodi per l'esplorazione dell'energy landscape per sistemi complessi, apprendimento dei concetti di variabili collettive e di free-energy landscape, apprendimento dei metodi più importanti per l'esplorazione dell'energy landscape, acquisizione della capacità di elaborare e utilizzare software per lo studio dei sistemi complessi di interesse nella fisica della materia e nella biofisica.	The teaching objectives of the course are: to learn the concepts of the energy landscape and the free-energy landscape; to learn the principles underlying methods for exploring the energy landscape of complex systems; to learn the concepts of collective variables and the free-energy landscape; learning the most important methods for exploring the energy landscape, and acquiring the ability to develop and use software for the study of complex systems of interest in condensed matter physics and biophysics.	52	98	
INTERNAZIONALE	2	101955	FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI AI COLLIDER	PHYSICS OF FUNDAMENTAL INTERACTIONS AT COLLIDERS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	Studentesse e studenti dovranno acquisire le conoscenze necessarie a comprendere gli studi di fisica delle interazioni fondamentali affrontati presso un esperimento al collider, ad interpretarne i dati raccolti in termini di misure di fisica e ad orientarsi su eventuali ricerche ed esperimenti futuri.	Students are expected to acquire the knowledge necessary to understand the physics studies of fundamental interactions addressed at a collider experiment, to interpret the data collected in terms of physics measurements, and to orient themselves to possible future research and experiments.	52	98	
INTERNAZIONALE	2	102409	TESI LAUREA MAGISTRALE	MASTER THESIS	36		PROVA FINALE	Per la prova finale	Italiano (Inglese a richiesta)			0	900	
INTERNAZIONALE	2	102447	FASI TOPOLOGICHE DELLA MATERIA CONDENSATA	TOPOLOGICAL PHASES OF CONDENSED MATTER	6	PHYS-04/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L'obiettivo principale è quello di fornire le basi per comprendere la fisica dei sistemi topologici di materia condensata. In particolare, si porrà l'attenzione sui modelli reticolari per fermioni e spin. L'origine della quantizzazione topologica di osservabili come la conduttanza Hall e la carica trasportata nel modello di Rice Mele verrà spiegata nel dettaglio. I gli stati legati topologici saranno altresì discussi. Le potenziali applicazioni tecnologiche verranno infine illustrate.	The main objective is to provide the foundations for understanding the physics of topological systems in condensed matter. In particular, the focus will be on lattice models for fermions and spins. The origin of the topological quantisation of observables such as Hall conductance and charge transport in the Rice-Mele model will be explained in detail. Topological bound states will also be discussed. Finally, potential technological applications will be outlined.	48	102	
INTERNAZIONALE	2	109092	ACCELERATORI DI PARTICELLE	PARTICLE ACCELERATORS	6	PHYS-01/A	AFFINIO INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento presenta lo stato dell'arte degli acceleratori di particelle attualmente in uso, descrivendone le caratteristiche salienti e le principali leggi fisiche e limitazioni tecnologiche che ne determinano le prestazioni.	The course presents the state of the art of particle accelerators currently in use, describing their main characteristics and the main physical laws and technological limitations that determine their performance.	48	102	
INTERNAZIONALE	2	109092	ACCELERATORI DI PARTICELLE	PARTICLE ACCELERATORS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento presenta lo stato dell'arte degli acceleratori di particelle attualmente in uso, descrivendone le caratteristiche salienti e le principali leggi fisiche e limitazioni tecnologiche che ne determinano le prestazioni.	The course presents the state of the art of particle accelerators currently in use, describing their main characteristics and the main physical laws and technological limitations that determine their performance.	48	102	
INTERNAZIONALE	2	109117	FISICA STATISTICA	STATISTICAL PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di approfondire lo studio della Fisica Statistica dei sistemi vicini all'equilibrio. Si affronteranno alcuni temi interessanti come le relazioni di Onsager, i fenomeni termoelettrici, la teoria cinetica dei gas e l'idrodinamica dei fluidi semplici.	The teaching aims to deepen the study of Statistical Physics of near-equilibrium systems. Some interesting topics such as Onsager relations, thermoelectric phenomena, kinetic theory of gases, and hydrodynamics of simple fluids will be addressed.	52	98	
INTERNAZIONALE	2	109120	FISICA DELLE ASTROPARTICELLE	PHYSICS OF ASTROPARTICLES	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di fornire agli studenti conoscenze di base sulla fisica delle astroparticelle, concentrandosi in particolare modo sui modelli che prevedono l'emissione di particelle da parte di sorgenti astrofisiche e sulle tecniche sperimentali per la rivelazione di raggi cosmici e neutrini di origine extraterrestre.	Teaching aims to provide students with basic knowledge of astroparticle physics, focusing particularly on models predicting particle emission from astrophysical sources and experimental techniques for detecting cosmic rays and neutrinos of extraterrestrial origin.	52	98	

INTERNAZIONALE	2	111403	MACHINE LEARNING FOR PHYSICISTS	MACHINE LEARNING FOR PHYSICISTS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Inglese	Teaching aims to develop skills in understanding and implementing machine learning algorithms applied to physics problems. Major neural algorithms will be described and discussed with various practical examples of how they are used to solve physics problems.	Teaching aims to develop skills in understanding and implementing machine learning algorithms applied to physics problems. Major neural algorithms will be described and discussed with various practical examples of how they are used to solve physics problems.	52	98	
INTERNAZIONALE	2	111406	FLUIDODINAMICA GENERALE	FLUID DYNAMICS	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano	Obiettivo centrale dell'insegnamento è fornire allo studente un quadro generale, di base ma concettualmente organizzato, di un settore della fisica classica che, pur essendo assai interessante nelle suoi fondamenti teorici e simultaneamente di grande e molteplice utilità applicativa, non può tuttavia che essere trattato molto velocemente nell'ambito degli insegnamenti di base. Buona parte della fluidodinamica (instabilità, turbolenza, fluidi non newtoniani, etc.) costituisce a tutt'oggi importante oggetto di attiva ricerca, collegato in molti modi alle ricerche più attuali di fisica fondamentale.	The central objective of the course is to provide the student with a general framework, basic but conceptually organized, of a sector of classical physics which, although very interesting in its theoretical foundations and simultaneously of great and multiple application utility, can however only be treated very quickly within the basic teachings. A large part of fluid dynamics (instability, turbulence, non-Newtonian fluids, etc.) is still today an important object of active research, linked in many ways to the most current research in fundamental physics.	48	102	
INTERNAZIONALE	2	114683	FISICA DEI NEUTRONI	NEUTRON PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	L' insegnamento fornisce agli studenti le conoscenze dei meccanismi fisici su cui si basa il funzionamento dei reattori a fusione ed a fissione. In particolare come funziona il contenimento del plasma mediante campi magnetici nei reattori a fusione, come vengono prodotti e regolati i flussi di neutroni all'interno dei reattori a fissione, quali sono i processi utilizzati per la produzione e l'estrazione dell'energia, quali sono i sistemi di monitoraggio di produzione di energia. Verranno inoltre analizzati i reattori attualmente in funzione e di quelli di prossima generazione.	The teaching provides students with an understanding of the physical mechanisms underlying the operation of fusion and fission reactors. In particular, it covers how plasma confinement works using magnetic fields in fusion reactors, how neutron fluxes are produced and regulated within fission reactors, the processes used for energy production and extraction, and the systems used to monitor energy production. The course will also analyse reactors currently in operation and those of the next generation.	52	98	
INTERNAZIONALE	2	114699	FISICA QUANTISTICA AVANZATA	ADVANCED QUANTUM PHYSICS	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	Fornire allo studente le basi della meccanica quantistica dei sistemi di molti corpi trattati nell'ambito della seconda quantizzazione, e familiarizzarlo con le applicazioni di tale metodo ad alcuni dei principali fenomeni fisici della fisica moderna.	To provide students with the fundamentals of quantum mechanics for many-body systems within the framework of second quantisation, and to familiarise them with the applications of this method to some of the key physical phenomena in modern physics.	60	90	
INTERNAZIONALE	2	114700	MULTI-FREQUENCY AND MULTI-MESSENGER ASTROPHYSICS	MULTI-FREQUENCY AND MULTI-MESSENGER ASTROPHYSICS	6	PHYS-05/A	CARATTERIZZANTI	Sperimentale applicativo	Inglese	The teaching aims to provide the fundamentals of experimental astrophysics, with particular reference to the construction and use of instrumentation for observing the cosmos.	The teaching aims to provide the fundamentals of experimental astrophysics, with particular reference to the construction and use of instrumentation for observing the cosmos.	48	102	
INTERNAZIONALE	2	114704	TEORIA CLASSICA DEI CAMPI	CLASSICAL FIELD THEORY	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di introdurre il formalismo covariante per l'elettrodinamica e di svilupparne le principali applicazioni fisiche, con particolare enfasi sui fenomeni prettamente relativistici, come l'irraggiamento. Dopo avere introdotto il metodo funzionale per una generica teoria di campo relativistica, si studierà la soluzione generale delle equazioni di Maxwell, i campi elettromagnetici generati da una carica in moto, la radiazione emessa, lo sviluppo in multipoli, l'analisi spettrale della radiazione, gli effetti della radiazione sul moto delle particelle che la emettono.	The teaching aims to introduce the covariant formalism for electrodynamics and develop its main physical applications, with special emphasis on purely relativistic phenomena, such as radiation. After introducing the functional method for a generic relativistic field theory, the general solution of Maxwell's equations, electromagnetic fields generated by a moving charge, emitted radiation, development in multipoles, spectral analysis of radiation, and the effects of radiation on the motion of emitting particles will be studied.	48	102	

INTERNAZIONALE	2	118274	FISICA DEI RIVELATORI DI PARTICELLE	PARTICLE DETECTOR PHYSICS	6	PHYS-01/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Italiano (Inglese a richiesta)	Comprensione dei principi e fenomeni fisici di base della interazione tra particelle e materia, dei principi di funzionamento delle principali classi e tipi di rivelatori di particelle e dell'architettura di un esperimento. Funzionamento e uso guidato di alcuni semplici dispositivi di rivelazione.	Understanding of the basic physical principles and phenomena underlying the interaction between particles and matter, the operating principles of the main classes and types of particle detectors, and the architecture of an experiment. Operation and guided use of some simple detection devices.	52	98	
INTERNAZIONALE	2	118314	TEORIA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI 1	THEORY OF FUNDAMENTAL INTERACTIONS 1	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di approfondire alcuni aspetti delle teorie di campo utilizzando metodi perturbativi. L'obiettivo principale dell'insegnamento è lo studio delle correzioni radiative e della rinormalizzazione delle teorie di gauge abeliane quali la QED. Verranno inoltre introdotti alcuni aspetti delle teorie di gauge non-Abeliane.	This teaching aims to explore certain aspects of field theories using perturbative methods. The main objective is to study radiative corrections and renormalisation in Abelian gauge theories such as QED. Certain aspects of non-Abelian gauge theories will also be introduced.	52	98	61842 - FISICA TEORICA (Obbligatorio)
INTERNAZIONALE	2	118315	TEORIA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI 2	THEORY OF FUNDAMENTAL INTERACTIONS 2	6	PHYS-02/A	CARATTERIZZANTI	Teorico e dei fondamenti della fisica	Italiano (Inglese a richiesta)	L'insegnamento si propone di illustrare la costruzione del modello standard di unificazione delle interazioni elettromagnetiche e deboli e della teoria delle interazioni forti dal punto di vista della teoria dei campi quantistici, a partire dalle osservazioni sperimentali rilevanti. Sarà dato rilievo alle applicazioni e alle principali direzioni di estensione della teoria.	The teaching aims to illustrate the construction of the standard unification model of electromagnetic and weak interactions and the theory of strong interactions from the perspective of quantum field theory, starting with relevant experimental observations. Emphasis will be given to the applications and main directions of extension of the theory.	48	102	61842 - FISICA TEORICA (Obbligatorio)
INTERNAZIONALE	2	118327	SOLAR ENERGY AND SOLAR CELLS	SOLAR ENERGY AND SOLAR CELLS	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Inglese	Il corso, erogato nel secondo semestre, guiderà gli studenti verso una comprensione approfondita del potenziale dell'energia solare per soddisfare il fabbisogno energetico dell'umanità, esplorando lo spettro delle tecnologie di conversione dell'energia solare, con un forte accento sul fotovoltaico (PV). Inizialmente, gli studenti acquisiranno conoscenze sui principi fisici dell'interazione luce-materia, collegando la risposta ottica alla struttura elettronica a bande dei materiali rilevanti per le tecnologie fotovoltaiche. Successivamente, apprenderanno il potenziale della radiazione solare e impareranno a utilizzare database di radiazione solare per valutare le prestazioni di un impianto fotovoltaico in una specifica località. Comprendranno le basi fisiche dell'effetto fotovoltaico e delle	The course, delivered in the second semester, will guide students toward a thorough understanding of the potential of solar energy to meet humankind's power needs by exploring a diverse portfolio of renewable energy conversion technologies, with a strong emphasis on photovoltaics (PV). First, they will gain insight into the physical basis of light-matter interaction, linking the optical response to the electronic band structure of materials relevant to PV technologies. Subsequently, they will acquire knowledge about solar energy radiation potential and learn how to apply solar radiation databases to assess the performance of a PV plant in a specific location. They will understand the physical foundation of the photovoltaic effect and first-generation PV technologies, which are	52	98	
INTERNAZIONALE	2	118354	NANOSTRUCTURES	NANOSTRUCTURES	6	PHYS-03/A	CARATTERIZZANTI	Microfisico della materia e delle interazioni fondamentali	Inglese	Conoscenza delle principali tecniche sperimentali specifiche del campo. Lettura ed approfondimento di un articolo scientifico. Introduzione ad un approccio sperimentale multidisciplinare. Alla fine del corso, lo studente deve avere acquisito autonomia nel leggere criticamente un articolo scientifico, comprendendone la parte modellistica e quella sperimentale. Inoltre deve essere in grado di esporre un argomento in modo chiaro ed esauriente.	Knowledge of the main experimental techniques specific to the field. Reading and deepening of a scientific article. Introduction to a multidisciplinary experimental approach. By the end of the course, the student must have gained autonomy in critically reading a scientific article, understanding its modeling and experimental parts. He or she must also be able to expound an argument clearly and comprehensively. Considering the topics covered, the teaching is suitable for the professional profile choice "Materials Scientist: research specialist".	48	102	
INTERNAZIONALE	2	121776	OCEANOGRAFIA FISICA	PHYSICAL OCEANOGRAPHY	6	PHYS-05/B	AFFINI O INTEGRATIVE	Attività formative affini o integrative	Italiano (Inglese a richiesta)	Il corso introduce i fondamenti della fluidodinamica geofisica applicata all'oceano e guida gli studenti, in modo progressivo, alla formulazione e analisi di un modello shallow-water di circolazione in un bacino forzato dal vento.	The course introduces the fundamentals of geophysical fluid dynamics as applied to the ocean and guides students, step by step, through the formulation and analysis of a shallow-water circulation model in a wind-driven basin.	52	98	