

Università degli Studi di Napoli “Federico II”
Scuola Politecnica e delle Scienze di Base – Area di Scienze
Dipartimento di Fisica

Corsi di Studio in Fisica
LAUREA IN FISICA

Classe L-30 “Scienze e tecnologie fisiche” del D.M. 270/04 (Laurea Triennale)

REGOLAMENTO DIDATTICO

A.A. 2019/2020 e successivi

ARTICOLO 1

Definizioni

Ai sensi del presente regolamento si intendono:

1. per Dipartimento, il Dipartimento di Fisica “Ettore Pancini” dell’Università degli Studi di Napoli Federico II;
2. per Regolamento sull’Autonomia didattica, di seguito denominato RAD, il Regolamento recante norme concernenti l’Autonomia Didattica degli Atenei di cui al D.M. del 3 novembre 1999, n. 509 come modificato e sostituito dal D.M. del 23 ottobre 2004, n. 270;
3. per Regolamento Didattico di Ateneo (RDA), il Regolamento approvato dall’Università degli Studi di Napoli Federico II, così come modificato con i D.R. 1863 del 27/05/2010, 1680 del 17/05/2012 e 1859 del 29/05/2012, ai sensi dell’Art.11 del D.M. del 23 ottobre 2004, n. 270;
4. per Decreti ministeriali, di seguito denominati DCL, il Decreto M.U.R. 16 marzo 2007 di determinazione delle classi delle lauree universitarie;
5. per Corso di Laurea, il Corso di Laurea in Fisica, come individuato dall’Art.2 del presente regolamento;
6. per titolo di studio, la Laurea in Fisica, come individuata dall’Art.2 del presente regolamento;
7. per Commissione la Commissione per il Coordinamento Didattico Corso di Laurea in Fisica;
8. per Sottocommissione Pratiche Studenti per la sottocommissione pratiche Studenti, istituita con la Delibera n.42 del Consiglio di Dipartimento di Fisica del 22 maggio 2015 ai sensi dell’art.30 dello Statuto e dell’art.4 del Regolamento Didattico di Ateneo;
9. per Scuola, la Scuola Politecnica e delle Scienze di Base dell’Università degli Studi di Napoli Federico II;
10. nonché tutte le altre definizioni di cui all’Art.1 del RDA.

ARTICOLO 2

Titolo e Corso di Laurea

1. Il presente Regolamento disciplina il Corso di Laurea in Fisica appartenente alla classe L-30 “Scienze e Tecnologie Fisiche” di cui alla tabella allegata al D.M. 16 marzo 2007 e al relativo Ordinamento Didattico, incardinato nel Dipartimento.
2. Gli obiettivi formativi qualificanti del Corso di Laurea sono quelli fissati nell’Ordinamento Didattico.
3. I requisiti di ammissione al Corso di Laurea sono quelli previsti dalle norme vigenti in materia. Altri requisiti formativi e culturali possono essere richiesti per l’accesso al Corso di Laurea in Fisica, secondo le normative prescritte dall’art. 4 del presente Regolamento.
4. La Laurea si consegue al termine del Corso di Laurea e comporta l’acquisizione di 180 Crediti Formativi Universitari (CFU).

ARTICOLO 3

Struttura didattica

1. Il Corso di Laurea è retto dalla Commissione di Coordinamento Didattico.
2. La Commissione è costituita come previsto dallo Statuto e dal RDA, e ha le competenze previste dal RDA.
3. La Commissione è presieduta da un Coordinatore, eletto secondo quanto previsto dallo Statuto. Il Coordinatore ha la responsabilità del funzionamento della Commissione, ne convoca le riunioni ordinarie e straordinarie.
4. La Commissione e il Coordinatore svolgono i compiti previsti dal RDA.
5. All’interno della Commissione è costituita la Sottocommissione Pratiche Studenti del Corso di Laurea triennale in Fisica, istituita con la Delibera n.42 del Consiglio di Dipartimento di Fisica del 22 maggio 2015 e alla quale vengono attribuiti i poteri deliberanti previsti dall’art.4 del Regolamento Didattico.

ARTICOLO 4

Requisiti di ammissione al Corso di Laurea, attività formative propedeutiche e integrative

1. Per l’ammissione al Corso di Laurea, è richiesto allo studente il possesso di una preparazione iniziale indicata nell’Allegato A, che costituisce parte integrante del presente Regolamento.
2. Per l’ammissione lo studente dovrà sostenere, per via telematica, una prova di valutazione obbligatoria, le cui modalità di svolgimento sono specificate anno per anno nei documenti di programmazione didattica della Scuola. Tale prova è finalizzata a fornire indicazioni generali sulle attitudini dello studente a intraprendere gli studi prescelti e sullo stato delle conoscenze di base richieste. L’esito della prova non è vincolante ai fini dell’iscrizione; tuttavia se il risultato è inferiore ad una determinata soglia lo studente acquisisce degli Obblighi Formativi Aggiuntivi (OFA). La soglia per l’esenzione da OFA e le modalità di superamento sono stabilite annualmente nei sopraccitati documenti di programmazione didattica.

ARTICOLO 5

Crediti formativi universitari, curricula, tipologia e articolazione degli insegnamenti

1. Il credito formativo universitario è definito nel RDA e nel RAD.
2. L'Allegato B1, che costituisce parte integrante del presente Regolamento, riporta in sintesi gli obiettivi formativi specifici indicati nell'Ordinamento, compreso un quadro delle conoscenze, competenze e abilità da acquisire, e definisce:
 - a) l'elenco degli insegnamenti del corso di laurea, con l'eventuale articolazione in moduli e i crediti ad essi assegnati, con l'indicazione della tipologia di attività e dei settori scientifico-disciplinari di riferimento e dell'ambito disciplinare;
 - b) le attività a scelta dello studente, i relativi CFU e le modalità di acquisizione e verifica;
 - c) le altre attività formative previste, i relativi CFU e le modalità di verifica dei risultati degli *stage*, dei tirocini e dei periodi di studio all'estero;
 - d) i CFU assegnati per la preparazione della prova finale;
 - e) le modalità di verifica della conoscenza delle lingue straniere e i relativi CFU.
3. Le schede che costituiscono l'allegato B2 definiscono per ciascun insegnamento e attività formativa:
 - a) il settore scientifico disciplinare, i contenuti e gli obiettivi formativi specifici, con particolare riferimento ai descrittori di Dublino, la tipologia della forma didattica, i crediti e le eventuali propedeuticità di ogni insegnamento e di ogni altra attività formativa;
 - b) le modalità di verifica della preparazione e il tipo di esame che consenta nei vari casi il conseguimento dei relativi crediti.
4. L'Allegato B1 al presente Regolamento è redatto nel rispetto di quanto previsto dagli art. 8 e art. 23 del RDA. In particolare, esso può prevedere l'articolazione dell'offerta didattica in moduli di diversa durata, con attribuzione di diverso peso nell'assegnazione dei crediti formativi universitari corrispondenti.
5. Oltre ai corsi di insegnamenti ufficiali, di varia durata, che terminano con il superamento dei relativi esami, elencati nell'Allegato B1 al presente Regolamento, la Commissione può prevedere l'attivazione di corsi di sostegno, seminari, esercitazioni in laboratorio o in biblioteca, esercitazioni di pratica testuale, esercitazioni di pratica informatica e altre tipologie di insegnamento ritenute adeguate al conseguimento degli obiettivi formativi del Corso.
6. Nel caso di corsi d'insegnamento articolati in moduli, questi potranno essere affidati alla collaborazione di più Professori di ruolo e/o Ricercatori.

ARTICOLO 6

Guida dello Studente e piani di studio

1. Prima dell'inizio dell'anno accademico la Commissione approva la corrispondente Guida dello Studente che viene pubblicata dalla Scuola e che contiene:
 - a) le alternative offerte e consigliate, per l'eventuale presentazione da parte dello studente di un proprio piano di studio;
 - b) le modalità di svolgimento di tutte le attività didattiche;
 - c) la data di inizio e di fine delle singole attività didattiche;
 - d) i criteri di assegnazione degli studenti a ciascuno degli eventuali corsi plurimi;
 - e) le disposizioni sugli eventuali obblighi di frequenza;
 - f) le scadenze connesse alle procedure per le prove finali;

g) le modalità di copertura degli insegnamenti e di tutte le altre attività didattiche.

2. I diciotto CFU delle attività formative liberamente scelte (DM 270/04 art. 10 comma 5, lettera a) sono collocati al secondo e terzo anno. Lo studente può utilizzare questi CFU nel modo che ritiene più opportuno per seguire uno o più insegnamenti liberamente scelti tra tutti quelli presenti presso l'Ateneo, purché regolarmente attivati e congruenti con gli obiettivi formativi del Corso di Laurea. E' consentito sostenere crediti a scelta anche superiori a quelli previsti nel singolo anno di corso purché non superiori, nel totale, a quelli richiesti per l'intero corso di Laurea. Nell'allegato B1 viene riportato un elenco di corsi, nei SSD di Fisica, consigliati agli studenti interessati ad approfondire tematiche attinenti a discipline del Corso di Laurea per completare e personalizzare la preparazione. Lo studente potrà utilizzare fino ad un massimo di 6 CFU a scelta per effettuare tirocini presso aziende, scuole superiori, laboratori di ricerca pubblici o privati italiani o esteri.
3. I piani di studio individuali, contenenti la richiesta di approvazione di percorsi che si differenziano da quello indicato nell'Allegato B1, presentati alla Segreteria Studenti entro i tempi fissati dal Senato Accademico, saranno vagliati dalla Sottocommissione Pratiche Studenti e, sulla base della congruità con gli obiettivi formativi specificati nell'Ordinamento didattico, approvati, respinti o modificati. Per gli studenti in corso il Piano di Studio prevede le attività formative indicate dal Regolamento per i vari anni di corso integrate dagli insegnamenti scelti in maniera autonoma.

ARTICOLO 7

Orientamento e tutorato

1. Le attività di orientamento e tutorato sono organizzate e regolamentate dalla Commissione, secondo quanto stabilito all'art. 8 del RDA.

ARTICOLO 8

Ulteriori iniziative didattiche dell'Università

1. In conformità al comma 8 dell'art. 2 del RDA, la Commissione può proporre all'Università di organizzare iniziative didattiche di perfezionamento, corsi di preparazione agli Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio delle professioni e ai concorsi pubblici e per la formazione permanente, corsi per l'aggiornamento e la formazione degli insegnanti di Scuola Superiore. Tali iniziative possono essere promosse attraverso convenzioni con Enti pubblici o privati.

ARTICOLO 9

Trasferimenti, passaggi di Corso, ammissione a prove singole

1. I trasferimenti, i passaggi e l'ammissione a prove singole sono regolamentati dall'art.16 del RDA.
2. La Commissione potrà, anno per anno, deliberare che in casi specifici l'accettazione di una pratica di trasferimento sia subordinata a una prova di ammissione predeterminata.

ARTICOLO 10

Esami di profitto

1. Le norme relative agli esami di profitto sono quelle contenute nell'art. 20 del RDA.
2. Nel caso di corsi plurimi i relativi esami vanno tenuti con le medesime modalità.
3. Nel caso di insegnamenti costituiti da più moduli didattici, l'esame finale è unico e la commissione d'esame è formata includendovi i docenti responsabili dei singoli moduli.
4. I crediti relativi alla conoscenza di una lingua dell'Unione Europea diversa dall'italiano sono acquisiti attraverso una prova specifica gestita dal Centro Linguistico di Ateneo ovvero attraverso certificazioni rilasciate da strutture competenti, riconosciute dall'Università. Esiste la possibilità di ottenere i CFU relativi alla lingua straniera, limitatamente all'Inglese, nell'ambito del test d'ingresso TOLC-I adottato nell'ambito della SPB dai corsi di Ingegneria e di Scienze a numero non programmato. Le modalità di superamento e di attribuzione dei CFU sono riportate al link <http://www.scuolapsb.unina.it/index.php/studiare-al-napoli/ammissione-ai-corsi#ammissione>.
5. La Commissione definisce all'inizio dell'anno accademico le date degli esami da proporre alla Scuola, curando che:
 - a) esse siano rese tempestivamente pubbliche nelle forme previste;
 - b) non vi siano sovrapposizioni di esami, relativi a insegnamenti inseriti nel medesimo anno di corso;
 - c) sia previsto, ove necessario, un adeguato periodo di prenotazione;
 - d) eventuali modifiche del calendario siano rese pubbliche tempestivamente e, in ogni caso, non prevedano anticipazioni.

ARTICOLO 11

Studenti a contratto

1. La Commissione determina, anno per anno, forme di contratto offerte agli studenti che chiedano di seguire gli studi in tempi più lunghi di quelli normali. A tali studenti si applicano le norme previste dall'art. 21 del RDA.

ARTICOLO 12

Doveri didattici dei Professori di ruolo e dei Ricercatori

1. I doveri didattici dei Professori di ruolo e dei Ricercatori sono quelli previsti dall'art. 22 del RDA e dal Regolamento di Dipartimento.

ARTICOLO 13

Prove finali e conseguimento del titolo di studio

1. Il titolo di studio è conferito a seguito di prova finale. L'Allegato C al presente Regolamento disciplina:
 - a) le caratteristiche e modalità della prova finale comprensiva in ogni caso di un'esposizione dinanzi a un'apposita commissione;

- b) le modalità della valutazione conclusiva, che deve tenere conto dell'intera carriera dello studente all'interno del Corso di Laurea, dei tempi e delle modalità di acquisizione dei crediti formativi universitari, della prova finale, nonché di ogni altro elemento rilevante.
2. Per accedere alla prova finale lo studente deve avere acquisito il quantitativo di crediti universitari previsto dall'Allegato B1 al presente Regolamento, meno quelli previsti per la prova stessa.
 3. Lo svolgimento delle prove finali è pubblico.

Napoli, li 24 settembre 2018

IL RETTORE
Gaetano Manfredi

Allegato A

Requisiti d'ingresso

Per iscriversi al Corso di Laurea in Fisica lo studente, oltre al possesso dei titoli di studio richiesti dall'art. 6, comma 1, del DM 270/04, deve possedere i seguenti requisiti:

Conoscenze necessarie per l'accesso al Corso di Laurea

Conoscenza degli aspetti elementari della matematica (aritmetica, algebra, trigonometria, geometria, funzioni elementari e logaritmi), e della fisica classica (meccanica, termologia, fenomeni ondulatori, elettromagnetismo e ottica).

Capacità e attitudini

Capacità di comprensione verbale

Si richiede che l'allievo possieda:

- la capacità di interpretare il significato di un brano testuale (o di una lezione) e di effettuare la relativa, corretta rielaborazione sintetica scritta ed orale;
- l'abilità di comprendere e rispondere a quesiti attenendosi strettamente agli elementi forniti.

Attitudine a un approccio metodologico

Si richiede che l'allievo possieda:

- la capacità di individuare i dati di un problema pratico e di utilizzarli per pervenire alla risoluzione nella maniera più rapida;
- la capacità di utilizzare le strutture logiche elementari (ad esempio, il significato di implicazione, equivalenza, negazione di una frase, ecc.) in un discorso scritto e orale.

Verifica dei requisiti di accesso

Il possesso dei requisiti di ingresso sarà valutato con una prova di accesso predisposta dalla Scuola, eventualmente integrata con quesiti specifici del Corso di Laurea in Fisica.

La Commissione può organizzare, nell'ambito di analoghe iniziative della Scuola, attività formative propedeutiche ed integrative volte a colmare eventuali lacune nelle conoscenze scientifiche di base che costituiscono un requisito essenziale per l'accesso al Corso di Laurea in Fisica.

Allegato B1

Obiettivi formativi qualificanti della classe di laurea

I laureati nei corsi di laurea della classe devono:

- possedere un'adeguata conoscenza di base dei diversi settori della fisica classica e moderna;
- possedere familiarità con il metodo scientifico di indagine ed essere in grado di applicarlo nella rappresentazione e nella modellizzazione della realtà fisica e della loro verifica;
- possedere competenze operative e di laboratorio;
- saper comprendere e utilizzare strumenti matematici e informatici adeguati;
- possedere capacità nell'utilizzare le più moderne tecnologie;
- possedere capacità di gestire sistemi complessi di misura e di analizzare con metodologia scientifica grandi insiemi di dati;
- essere capaci di operare professionalmente in ambiti definiti di applicazione, quali il supporto scientifico alle attività industriali, mediche, sanitarie e concernenti l'ambiente, il risparmio energetico ed i beni culturali, nonché le varie attività rivolte alla diffusione della cultura scientifica;
- essere in possesso di adeguate competenze e strumenti per la comunicazione e la gestione dell'informazione;
- possedere strumenti e flessibilità per un aggiornamento rapido e continuo al progresso della scienza e della tecnologia;
- essere capaci di lavorare in gruppo, pur operando con definiti gradi di autonomia, e di inserirsi prontamente negli ambienti di lavoro;
- essere in grado di utilizzare efficacemente, in forma scritta e orale, almeno una lingua dell'Unione Europea, oltre l'italiano, nell'ambito specifico di competenza e per lo scambio di informazioni generali.

Il corso prepara alle professioni di^[SEP] fisici,^[SEP]ricercatori e tecnici laureati nelle scienze fisiche. In particolare i laureati della classe possono svolgere attività professionali negli ambiti^[SEP]:

- delle applicazioni tecnologiche della fisica (e.g. elettronica, ottica, informatica, meccanica, ecc.);
- delle attività di laboratorio e dei relativi servizi,
- della radioprotezione (umana, ambientale e dei materiali);
- del controllo e della sicurezza ambientale;
- dello sviluppo e caratterizzazione di nuovi materiali,
- delle telecomunicazioni della relativa strumentazione tecnologica;
- della programmazione informatica;
- della gestione e sviluppo di centri di calcolo e siti web;
- relativi alle problematiche fisiche e fisico-chimiche sulla conservazione dei beni culturali;
- della formazione e divulgazione scientifica e tecnologica;
- in cui, anche se non scientifici (e.g. della economia, della finanza, della sicurezza), siano richieste capacità di analizzare e modellizzare fenomeni anche complessi con metodologia scientifica.

I laureati in Fisica possono trovare impiego con facilità:

- in centri di ricerca e laboratori, pubblici e privati, dei settori della ricerca di base e applicata, dell'industria, dell'informatica, dell'ambiente e in generale dei servizi tecnologici avanzati;
- nell'industria, in particolare quella votata all'innovazione tecnologica;
- nella maggioranza delle attività produttive che sfruttano e sviluppano nuove tecnologie;
- nelle istituzioni preposte alla tutela dei beni culturali e nei musei;
- negli enti pubblici o privati di monitoraggio relativamente alle problematiche di carattere fisico o fisico-chimico
- in studi di comunicazione e divulgazione dell'informazione scientifica;
- nell'editoria scientifica in ambito scientifico e tecnologico.

Ai fini indicati, i curricula dei corsi di laurea della classe:

- comprendono in ogni caso attività finalizzate ad acquisire: conoscenze di base dell'algebra, della geometria, del calcolo differenziale e integrale; conoscenze fondamentali della fisica classica, della fisica teorica e della fisica quantistica e delle loro basi matematiche; elementi di chimica; aspetti della fisica moderna, relativi ad esempio all'astronomia e astrofisica, alla fisica nucleare e subnucleare, e alla struttura della materia;
- devono prevedere in ogni caso, fra le attività formative nei diversi settori disciplinari, attività di laboratorio per un congruo numero di crediti, in particolare dedicate alla conoscenza di metodiche sperimentali, alla misura e all'elaborazione dei dati;
- possono prevedere, in relazione ad obiettivi specifici, attività esterne, come tirocini formativi presso aziende, strutture della pubblica amministrazione e laboratori, oltre a soggiorni di studio presso altre università italiane ed estere, anche nel quadro di accordi internazionali.

Oltre a curricula con formazione di base maggiormente marcata, possono essere attivati corsi di laurea della classe con curriculum più orientato verso il rapido inserimento nel mondo del lavoro, che diano quindi competenze specifiche per uno sbocco occupazionale nell'ambito, per esempio, delle applicazioni della fisica alla sanità o alla conservazione del patrimonio culturale, nell'ambito della radioprotezione, nell'ambito dell'ottica-optometria, nell'ambito di processi industriali che utilizzano o realizzano sistemi ottici ed optoelettronici, nell'ambito dei processi industriali di produzione e analisi dei materiali, nella gestione di apparecchiature tecnologicamente avanzate, etc..

Obiettivi formativi specifici del corso e descrizione del percorso formativo

La laurea in Fisica ha come obiettivo la formazione di laureati che possiedano una solida preparazione di base, aperta a successivi affinamenti che possono essere conseguiti nei corsi di laurea magistrale, di master e di dottorato, e nelle scuole di specializzazione.

La formazione del laureato in Fisica:

- deve consentirgli di accedere, direttamente o dopo un breve tirocinio, ad attività lavorative che richiedano familiarità con la cultura e il metodo scientifico, una mentalità aperta e flessibile, predisposta al rapido apprendimento di metodologie e tecnologie innovative, e la capacità di utilizzare attrezzature complesse.
- deve possedere: un'approfondita conoscenza dei settori di base della Fisica classica e moderna, anche nelle loro connessioni con altre scienze, con una comprensione critica delle basi teoriche e sperimentali della meccanica, dell'elettromagnetismo e della struttura della materia, e una buona conoscenza della Matematica e delle idee fondamentali della Chimica. I laureati in Fisica avranno acquisite competenze per svolgere attività professionali che richiedono una buona conoscenza

delle metodologie fisiche e delle attività di modellizzazione e analisi, nonché una capacità di “problem setting and solving”.

Con riferimento ai descrittori di Dublino gli obiettivi formativi specifici sono sintetizzati nella seguente tabella.

Descrittore di Dublino	Risultati di apprendimento attesi	Metodi di apprendimento	Metodi di verifica
Conoscenza e capacità di comprensione	Conoscenza approfondita e capacità di comprensione delle discipline matematiche (analisi matematica in una o più variabili, algebra lineare, geometria nel piano e nello spazio, metodi di risoluzione di equazioni differenziali, funzioni di variabile complessa, analisi funzionale), della chimica e dell'informatica di base nella fisica classica (meccanica, termodinamica, elettromagnetismo, ottica) e della Fisica moderna (relatività speciale, fisica statistica, meccanica quantistica, elementi di microfisica). Capacità di utilizzare comuni attrezzature di laboratorio.	Corsi fondamentali nelle discipline matematiche, di chimica generale, di fisica generale, di fisica quantistica, fisica statistica, relatività, microfisica per circa 120 CFU complessivi.	Prove di esame individuale sia in forma scritta che orale.
Capacità di applicare conoscenza e comprensione	Capacità di ragionamento induttivo e deduttivo. Capacità di schematizzare un fenomeno naturale in termini di grandezze fisiche scalari e vettoriali, di impostare un problema utilizzando opportune relazioni fra grandezze fisiche (di tipo algebrico, integrale o differenziale) e di risolverlo con metodi analitici o numerici. Capacità di montare e mettere a punto semplici configurazioni sperimentali, di utilizzare strumentazione scientifica per misure termomeccaniche ed elettromagnetiche capendo cosa si sta facendo ed effettuando l'analisi statistica dei dati. Capacità di formulare relazioni.	Esercitazioni numeriche nei corsi. Esercitazioni pratiche nei corsi di laboratorio di , meccanica, termodinamica, elettromagnetismo, ottica , fondamenti di elettronica e di tecniche di rivelazione. Compilazione di relazioni scritte delle esperienze di laboratorio e svolgimento di prove scritte.	La verifica sarà effettuata durante le esercitazioni di laboratorio e nel corso delle prove di esame consistenti nella risoluzione di problemi o nello svolgimento di una misura di laboratorio.
Autonomia di giudizio	Capacità di ragionamento critico. Capacità di individuare i metodi più appropriati per analizzare criticamente, interpretare ed elaborare i dati sperimentali, le previsioni di una teoria o di un modello. Capacità di valutare l'accuratezza delle misure, la linearità delle risposte strumentali, la sensibilità e selettività delle tecniche utilizzate.	Insegnamenti teorici e di laboratorio, con esercitazioni pratiche dove verrà valutata l'effettiva capacità dello studente di pervenire alla soluzione di un problema in maniera autonoma, giustificando le scelte operative e valutando i risultati.	Prove di esame dove verrà valutata l'effettiva consapevolezza da parte dello studente dei criteri operativi e della congruenza dei risultati sperimentali

Abilità comunicative	Competenze informatiche e degli strumenti per la gestione dell'informazione scientifica e per l'elaborazione dei dati, per ricerche bibliografiche. Conoscenza in forma scritta e orale della lingua inglese nell'ambito scientifico. Capacità di esporre con proprietà di linguaggio e rigore terminologico una relazione scientifica, sia oralmente che in forma scritta., illustrando motivazioni e risultati	Elaborazione e presentazione delle relazioni di laboratorio, di conoscenze di ulteriori abilità informatiche. Elaborazione di una relazione scritta della prova finale e sua discussione con l'ausilio di programmi opportuni per la trasmissione di informazione.	Esami, presentazione della tesi.
Capacità di apprendimento	Aggiornare costantemente le proprie conoscenze. Leggere e comprendere articoli scientifici in vari campi delle discipline fisiche, anche non approfonditi durante il percorso formativo. Capacità di apprendere attraverso testi e articoli scientifici in lingua inglese	L'acquisizione di tali capacità sarà possibile durante l'intero percorso formativo, sotto la guida dei docenti e dei tutor, in particolare con l'uso nei corsi di testi in inglese, e durante la preparazione dell'elaborato finale.	Singole prove di esame soprattutto nel III anno e nella prova finale.

CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN FISICA (ALLEGATO B1)

I ANNO

	Insegnamento	CFU	Moduli	S.S.D.	Tipologia	Ambito	Modalità di svolgimento
1	Analisi Matematica 1	12	1	MAT/05	Base	Discipline matematiche e informatiche	LF
2	Geometria	9	1	MAT/03	Affine	Discipline matematiche e informatiche	LF
3	Informatica	9	1	INF/01	6CFU: Affine 3CFU:(art.10,5 d)	Discipline matematiche e informatiche e Abilità Informatiche e Telematiche	LF+LAB
4	Meccanica e Termodinamica	15	1	FIS/01	Base	Discipline fisiche	LF
5	Laboratorio di Fisica 1	9	1	FIS/01	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	LF + LAB
6	Chimica	6	1	CHIM/03	Base	Discipline chimiche	LF
TOTALE CFU I ANNO		60					
Totale esami l'anno		6	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio				

CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN FISICA (ALLEGATO B1)

II ANNO							
	Insegnamento	CFU	Moduli	S.S.D.	Tipologia	Ambito	Modalità di svolgimento
1	Analisi Matematica 2	9	1	MAT/05	Base	Discipline matematiche e informatiche	LF
2	Meccanica Analitica	6	1	MAT/07	Affine	Discipline matematiche e informatiche	LF
3	Elettromagnetismo	9	1	FIS/01	Base	Discipline fisiche	LF
4	Onde e Ottica con Laboratorio	9	1	FIS/01	Base	Discipline fisiche	LF + LAB
5	Laboratorio di Fisica 2	9	1	FIS/01	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	LF + LAB
6	Metodi Matematici della Fisica	9	1	FIS/02	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	LF
7	Attività a scelta libera	6			(art. 10, 5a)	A scelta	
8	Laboratorio di Lingua Straniera	3	1				
TOTALE CFU II ANNO		60					
Totale esami II anno		8	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio				

CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN FISICA (ALLEGATO B1)							
III ANNO							
	Insegnamento	CFU	Moduli	S.S.D.	Tipologia	Ambito	Modalità di svolgimento
1	Istituzioni di Meccanica Quantistica	12	1	FIS/02	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica	LF
2	Laboratorio di Fisica 3	9	1	FIS/01	Caratterizzante	Sperimentale e applicativo	LF+LAB
3	Metodi computazionali in Fisica	6	1	FIS/02	Caratterizzante	Teorico e dei fondamenti della fisica Discipline fisiche	
4	Elementi di Fisica della Materia	9	1	FIS/03	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	LF
5	Relatività, Nuclei e Particelle	9	1	FIS/04	Caratterizzante	Microfisico e della struttura della materia	LF
6	Attività a scelta libera	6			(art. 10, 5a)	A scelta	
7	Attività a scelta libera	6			(art. 10, 5a)	A scelta	
8	Prova Finale	3					
TOTALE CFU III ANNO		60					
Totale esami III anno		8	Legenda: LF – Lezione Frontale; LAB – Laboratorio				

CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN FISICA (ALLEGATO B1)
Corsi a scelta nei S.S.D. di Fisica

	Insegnamento	CFU	Moduli	S.S.D.	Tipologia	Anno	Modalità di svolgimento
1	Analisi statistica dei dati sperimentali	6	1	FIS/01	A scelta	2	LF + LAB
2	Chimica Fisica Applicata	6	1	CHIM/02	A scelta	2	LF + LAB
3	Intelligenza Computazionale	6	1	INF/01	A scelta	2	LF + LAB
4	Sistemi Dinamici	6	1	FIS/02	A scelta	2	LF
5	Complementi di Fisica Matematica	6	1	MAT/07	A scelta	3	LF
6	Elementi di Astrofisica	6	1	FIS/05	A scelta	3	LF
7	Elementi di Biofisica	6	1	FIS/07	A scelta	3	LF
8	Elementi di Geofisica	6	1	FIS/06	A scelta	3	LF
9	Elementi di Relatività e Cosmologia	6	1	FIS/02 FIS/05	A scelta	3	LF
10	Elementi di fisica delle radiazioni	6	1	FIS/04	A scelta	3	LF
11	Elementi di meccanica statistica	6	1	FIS/02	A scelta	3	LF
12	Sistemi di acquisizione dati	6	1	FIS/01	A scelta	3	LF + LAB
13	Storia della Fisica	6	1	FIS/08	A scelta	3	LF

Allegato B2

Schede degli insegnamenti

Insegnamento: ANALISI MATEMATICA 1/ MATHEMATICAL ANALYSIS 1			
SSD: MAT/05	CFU: 12	Lezione: 58	Esercitazione: 38 ore
Tipologia attività formativa: Base		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: Il corso intende fornire allo studente gli strumenti essenziali del calcolo differenziale ed integrale con particolare riferimento al caso delle funzioni di una sola variabile reale. Il corso prevede un congruo numero di ore di esercitazioni; esse hanno anche il compito di stimolare un'autonoma capacità di giudizio. Gli studenti, alla fine del corso, dovranno essere in grado di tradurre in termini analitici semplici problemi concreti.			
Programma sintetico: Numeri reali e complessi. Funzioni di una variabile reale: limiti e continuità. Calcolo differenziale: estremi relativi e problemi di ottimizzazione; proprietà di monotonia e grafici di funzioni. Le regole di de l'Hospital per il calcolo di limiti. Metodi di approssimazione mediante formule di Taylor. Integrazione definita e indefinita con applicazioni al calcolo di aree. Serie numeriche.			
Contents: Real and complex numbers. Real-valued functions of a real variable: limits, continuity. Differential calculus: maximum and minimum problems, monotonicity, graphs. L'Hospital's rules, Taylor's theorem. Definite and indefinite integrals: area of a planar set. Infinite series.			
Esami propedeutici: nessuno		Anno di corso: primo	
Prerequisiti: - conoscenze di aspetti elementari della matematica (algebra, trigonometria, logaritmi, geometria, funzioni elementari);			
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale.			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

Insegnamento: CHIMICA/ CHEMISTRY			
SSD: CHIM/03	CFU: 6	Lezione: 32 ore	Esercitazione: 16 ore
Tipologia attività formativa: Base		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: Il corso fornirà gli elementi per la conoscenza e capacità di comprensione dei fenomeni chimici di base sviluppando le capacità applicative dello studente.			
Programma sintetico: Cenni sulla costituzione della materia. Il legame chimico: covalente, ionico, metallico e interazioni intermolecolari. Solidi, liquidi e gas. Transizioni di fase e diagrammi di stato. Sistemi a più componenti: le soluzioni, dissoluzione di un soluto in un solvente, solubilità, soluzioni ideali e proprietà colligative. Stechiometria: significato quantitativo delle formule, numero di ossidazione e reazioni chimiche. L'equilibrio chimico e gli effetti delle perturbazioni esterne sull'equilibrio: il Principio di Le Chatelier-Braun. Equilibri in fase liquida: equilibri acido-base, applicazione degli equilibri acido-base, soluzioni tampone e curve di titolazione. Equilibri eterogenei: il prodotto di Solubilità ed effetto dello ione a comune. Cinetica chimica. Elettrochimica: pile, potenziali all'elettrodo, la pila e l'equilibrio chimico. Cenni di chimica organica.			
Contents: Brief history of atomic structure. Chemical bonding: covalent, ionic, metallic and intermolecular forces. Solids, liquids and gases. Phase transitions and diagrams. Solutions: dissolution of solutes in solvents, solubility, ideal solutions and colligative properties. Stoichiometry: oxidation number, chemical equations and reaction stoichiometry. Chemical equilibrium. Disturbing a system at equilibrium. Le Chatelier-Braun principle. Ionic equilibria: acids and bases, buffers and titration curves. Heterogeneous equilibria: solubility product constants and common-ion effect. Kinetics. Electrochemistry: elettrodi, voltaic cells, standard electrode potentials, voltaic cells and chemical equilibrium. Pills of organic chemistry.			
Esami propedeutici: nessuno		Anno di corso: primo	
Prerequisiti: - conoscenze di aspetti elementari della matematica (algebra, trigonometria, logaritmi, geometria, funzioni elementari);			
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

Insegnamento: GEOMETRIA/ GEOMETRY			
SSD: MAT/03	CFU: 9	Lezione: 44 ore	Esercitazione: 28 ore
Tipologia attività formativa: Affine		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:			
<p>Il corso intende introdurre e formalizzare i concetti fondamentali dell'algebra lineare e della geometria affine ed euclidea: matrici, sistemi lineari, spazi vettoriali, teoria spettrale, rette nel piano e nello spazio, piani nello spazio, coniche. Al termine del corso lo studente sarà in grado di applicare i concetti e i metodi acquisiti per lo studio delle successive discipline.</p>			
Programma sintetico:			
<p>Definizione e proprietà di spazi vettoriali su di un campo K. Definizione di applicazione lineare, esempi e proprietà fondamentali. Nucleo e immagine di un'applicazione lineare e relazione tra le relative dimensioni. Isomorfismi. Algebra delle matrici quadrate su K e suo isomorfismo con l'algebra degli endomorfismi di $V_n(K)$. Gruppo lineare generale $GL(n, K)$ e suo isomorfismo con $Aut(V_n)$. Il gruppo ortogonale $O(n, R)$. Autovettori, autovalori, autospazi e polinomio caratteristico di un endomorfismo e loro proprietà. Molteplicità algebrica e geometrica di un autovalore e loro relazione. Matrici simili e loro proprietà. Endomorfismi e matrici diagonalizzabili e loro caratterizzazione. Spazi vettoriali euclidei. Prodotto scalare standard tra vettori geometrici. Prodotto scalare standard in R^n. Cenno al prodotto hermitiano standard in C^n. Diagonalizzazione ortogonale di endomorfismi e matrici. Endomorfismi simmetrici; proprietà delle matrici simmetriche reali. Il teorema spettrale. Geometria analitica nel piano e nello spazio. Riferimenti cartesiani ortogonali monometrici. Rappresentazione analitica di rette e piani. Numeri direttori di una retta. Fasci di piani. Condizioni analitiche di parallelismo e di ortogonalità (nel piano e nello spazio) tra rette, piani e rette e piani. Distanza tra insiemi nel piano e nello spazio. Coniche nel piano proiettivo complesso. Polarità associata a una conica non degenera. Coniche reali. Classificazione affine delle coniche reali non degeneri.</p>			
Contents:			
<p>Definitions and properties of vector spaces on a field K. Definition of linear transformation, examples and fundamental properties. Kernel and Image of a linear transformation, relationship between their dimensions. Isomorphism. Square matrix algebra on a field K and isomorphism with the algebra of the endomorphism $V_n(K)$. General linear group $GL(n, K)$ and isomorphism with $Aut(V_n)$. The orthogonal group $O(n, R)$. Eigenvectors, eigenvalues, eigenspaces and characteristic polynomial of an endomorphism. Algebraic and geometrical multiplicities of an eigenvalue and their relation. Similar matrices and their properties. Endomorphisms and diagonalizable matrices and their characterization. Euclidean vector spaces. Scalar product between geometrical vectors. Standard scalar product in R^n. Standard hermitian product in C^n. Orthogonal diagonalization of endomorphism and matrices. Symmetrical endomorphisms: properties of the real symmetrical matrices. The spectral theorem. Analytical geometry in plan and space. Monometric orthogonal cartesian reference systems. Analytical representation of lines and planes. Direction cosines of a line. Sheaf of planes. Analytical conditions for parallelism and orthogonality (in plane and space) between lines, planes, lines and planes. Distance between sets in the plane and in the space. Conic in the complex projective space. Polarity associated to a non-degenerate conic. Real conics. Similar classification of the non-degenerate real conics.</p>			
Esami propedeutici: nessuno		Anno di corso: primo	
Prerequisiti:			
- conoscenze di aspetti elementari della matematica (algebra, trigonometria, logaritmi, geometria, funzioni elementari);			
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

Insegnamento: INFORMATICA/ INFORMATICS			
SSD: INF/01	CFU: 6	Lezione: 20 ore	Esercitazione: 42 ore
Tipologia attività formativa: Affine		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:			
<p>Il corso propone un percorso formativo orientato alla presentazione di concetti di base dell'informatica, dell'architettura e della programmazione di elaboratori elettronici. Al termine del corso lo studente acquisirà conoscenze di:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Metodi di rappresentazione dell'informazione; 2. Modelli teorici e architettura degli elaboratori elettronici; 3. Sistemi operativi; 4. Algoritmi e strutture dati fondamentali; 5. Programmazione orientata agli oggetti; 6. Metodi e tecniche per la programmazione in linguaggio C++; 7. Metodi di calcolo numerico; <p>Al termine del corso lo studente dovrà dimostrare di</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Essere in grado di utilizzare un calcolatore in ambiente Unix/Linux; 2. Progettare e analizzare algoritmi; 3. Progettare applicazioni informatiche usando il paradigma ad oggetti; 4. Implementare algoritmi nel linguaggio di programmazione C++. <p>Il corso non presuppone conoscenze informatiche e dà molto risalto agli aspetti applicativi. È indispensabile seguire il laboratorio.</p>			
Programma sintetico:			
<p>L'Informatica come scienza per il trattamento automatico dell'informazione. Dai calcolatori meccanici ai calcolatori elettronici: modelli e architettura degli elaboratori. Macchina di Turing e Modello di Von Neumann. Sistema di numerazione binario ed esadecimale. Tecniche per la rappresentazione e la codifica delle informazioni. Sistemi operativi: gestione dei processi, gestione della memoria, gestione dell'Input/Output. Il sistema operativo Linux. Metodologia di progettazione e di programmazione orientata agli oggetti. Programmazione in linguaggio C++: struttura di un programma in C++; tipi di dati semplici e strutturati; operatori ed espressioni; le istruzioni del linguaggio; strutture di controllo; funzioni e procedure; programmazione ricorsiva; gestione di file; strutture dati dinamiche; classi e oggetti; polimorfismo. Algoritmi di calcolo numerico per la risoluzione di problemi quali: derivazione, integrazione numerica, risoluzione approssimata di equazioni.</p>			
Contents:			
<p>Computer Science as a science for automatic information processing. From mechanical to electronic computers: models and architecture. Turing Machine and Von Neumann Model. Binary and hexadecimal numbering systems. Techniques for representing and encoding information. Operating systems: management of processes, memory and input / output. The Linux operating system. Software design and Object Oriented Programming methodology. C ++ programming language. Structure of a C ++ program; Plain and structured data types; Operators and expressions; Language instructions; Control structures; Functions and procedures; Recursive programming; File management; Dynamic data structures; Classes and objects; polymorphism. Introduction to numerical algorithms for derivation, integration, and approximate solution of equations.</p>			
Esami propedeutici: nessuno		Anno di corso: primo	
Prerequisiti:			
- conoscenze di aspetti elementari della matematica (algebra, trigonometria, logaritmi, geometria, funzioni elementari);			
Modalità di accertamento del profitto: Prova pratica al calcolatore e colloquio orale.			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

Insegnamento: : LABORATORIO DI FISICA 1 / PHYSICS LABORATORY COURSE 1			
SSD: FIS/01	CFU: 9	Lezione: 28 ore	Laboratorio: 66 ore
Tipologia attività formativa: Caratterizzante		Durata del corso: annuale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:			
<p>Il corso intende fornire, allo studente, graduali ma adeguate competenze sulle caratteristiche di uno strumento di misura e un'introduzione all'elaborazione statistica dei dati. Lo studente valorizzerà le sue capacità applicative, effettuando misure di meccanica e termologia, apprenderà la teoria degli errori di misura e imparerà ad esporre i risultati in forma di relazione scritta, che dimostrerà il livello della sua autonomia di giudizio, della sua abilità nella comunicazione e della sua capacità di apprendere.</p>			
Programma sintetico:			
Introduzione alla fisica sperimentale:			
<p>Grandezze fisiche e loro dimensioni. Unità di misura e sistemi di unità. Strumenti di misura. Misure di tempo, distanze e masse. Concetto d'incertezza di misura. Incertezze massime e relative. Incertezze casuali: concetti di media e di deviazione standard. Incertezze sistematiche. Misure indirette e propagazione delle incertezze. Rappresentazioni grafiche dei dati sperimentali.</p>			
Introduzione all'analisi statistica dei dati sperimentali			
<p>Introduzione alla probabilità e statistica. Variabili casuali e loro funzioni di distribuzioni. Funzione cumulativa. Trasformazioni di variabili. Funzioni di distribuzione con applicazione in Fisica (e.g. Binomiale, Poisson, esponenziale). La distribuzione di Gauss. Funzioni di variabili casuali e propagazione delle incertezze statistiche. Studio sperimentale delle distribuzioni. Campione statistico. Media e varianza campionarie. Teorema del limite centrale. La legge dei grandi numeri. Stima dei parametri di una distribuzione. Concetto d'intervallo di confidenza. Metodo dei minimi quadrati per la determinazione di andamenti funzionali. Esempi della media pesata e dell'andamento lineare. Cenni sul test del χ^2.</p>			
Attività di laboratorio			
<p>Sono previste una decina di esperienze di laboratorio per applicare le metodologie sperimentali studiate ad argomenti di meccanica e di termodinamica. Per la trattazione e analisi dei dati si privilegerà l'uso dei principali software commerciali. Dopo lo svolgimento delle prove, in laboratorio, è prevista la stesura di una relazione scritta.</p>			
Contents:			
Introduction to experimental physics			
<p>1) Physical quantities and their dimensions, 2) Units and Systems of Units, 3) Properties of measuring instruments. Measurements of time, distance and mass; 4) Concept of measurement uncertainty. Numerical representation and significant digits. Maximal and statistical uncertainties. Concept of mean and standard deviation. Systematic uncertainties. 5) Indirect measurements and propagation of uncertainties. 6) Graphical representation of experimental data. Logarithmic scales.</p>			
Introduction to statistical analysis of experimental data			
<p>1) Introduction to probability theory. Definitions and fundamental theorems. 2) Random variables. Distributions of random variables and their properties. Cumulative distribution. Transformation of variables. 3) Relevant distribution functions for Physics. The Gaussian distribution. 4) Functions of random variables. Propagation of statistical uncertainties. 5) Experimental study of random variables. Statistical samples. The sample mean and variance. The central limit theorem. The law of large numbers. 6) Estimation of distribution parameters. Concept of confidence interval and its probabilistic interpretation. 7) The method of least squares for fitting experimental data. The weighted average. The linear fit. 8) The χ^2 test</p>			
Experimental Activity			
<p>About ten experiments are foreseen to apply the experimental methodology to topics mainly from mechanics and thermodynamics. After each laboratory activity, the students should produce a written report.</p>			
Esami propedeutici: nessuno		Anno di corso: primo	
Prerequisiti:			
<ul style="list-style-type: none"> - conoscenze di aspetti elementari della matematica (algebra, trigonometria, logaritmi, geometria, funzioni elementari); - conoscenze di meccanica e termodinamica fornite dal corso di Meccanica e Termodinamica svolto in parallelo; - conoscenze operative di calcolo, quali tipicamente apprese nei corsi di Analisi I e Geometria svolti in parallelo; 			
Modalità di accertamento del profitto: Prova pratica di laboratorio e colloquio orale			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

Insegnamento: MECCANICA E TERMODINAMICA / MECHANICS AND THERMODYNAMICS			
SSD: FIS/01	CFU: 15	Lezione: 78 ore	Esercitazione: 42 ore
Tipologia attività formativa: Base		Durata del corso: annuale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:			
<p>1) Il corso fornirà allo studente competenze su osservazioni sperimentali e descrizione teorica dei fenomeni meccanici e termodinamici, necessarie al loro uso in Fisica.</p> <p>2) Il corso affronta i fenomeni meccanici relativi a punti e sistemi, e i fenomeni termodinamici concernenti fluidi e solidi. Al termine lo studente dovrà conoscere proprietà e formalismo dei sistemi meccanici e termodinamici, e aver sviluppato le capacità necessarie per applicare tali concetti alla risoluzione di problemi.</p>			
Programma sintetico:			
Meccanica del punto e dei sistemi:			
Metodo scientifico: modello ed esperimento. Definizioni operative. Relazioni dimensionali e leggi di scala. Vettori. Punti materiali. Legge del moto. Traiettoria. Velocità. Accelerazione. Moti. Principio di relatività di Galileo. Sistemi di riferimento inerziali. Forza e quantità di moto. Leggi di Newton. Momento angolare. Momento di una forza. Forze apparenti. Gravitazione. Lavoro. Potenza. Energia cinetica. Forze conservative e non. Energia potenziale. Conservazione dell'energia. Equazioni cardinali. Centro di massa. Urti. Corpi rigidi. Momento d'inerzia. Assi liberi di rotazione. Moto di puro rotolamento. Statica dei corpi rigidi.			
Elementi di meccanica dei fluidi:			
Statica dei fluidi. Pressione. Legge di Stevino. Legge di Archimede. Elementi di dinamica dei fluidi. Relazione di Bernoulli. Fluidi reali.			
Termodinamica:			
Temperatura, equilibrio termico, termometri. Gas perfetti e reali. Lavoro. Calore. Primo principio della termodinamica. Energia interna. Calori specifici. Trasformazioni reversibili e irreversibili. Secondo principio della termodinamica. Macchine termiche. Rendimento. Ciclo di Carnot. Entropia. Interpretazione microscopica elementare dei fenomeni termici. Cenni di teoria cinetica dei gas. Equipartizione dell'energia.			
Contents:			
Mechanics			
The scientific method: model and experiment. Operational definition. Dimensional analysis and scale laws. Vectors. Point mass. Law of motion. Trajectory. Velocity. Acceleration. Types of motion. Galileo's relativity principle. Inertial reference frames. Momentum and force. Newton's Laws. Angular momentum. Torque. Fictitious (inertial) forces. Gravitation. Work. Power. Kinetic energy. Conservative and non-conservative forces. Potential energy. Conservation of energy. Dynamics of a system of particles. Centre of mass. Collisions. Rigid bodies. Moment of inertia. Rotation about a free axis. Pure rolling motion. Statics: equilibrium of rigid bodies.			
Mechanics of fluids			
Statics: fluids. Pressure. Stevin's law. Archimedes' law. Basics of fluid dynamics. Bernoulli's law. Real fluids.			
Thermodynamics			
Temperature, thermal equilibrium, thermometers. Ideal and real gas. Work. Heat. First law of thermodynamics. Internal energy. Specific heat. Reversible and irreversible transformations. The second law of thermodynamics. Heat engines. Efficiency. Carnot's cycle. Entropy. Microscopic interpretation of thermal phenomena. Elementary kinetic theory of gas. Equipartition of energy.			
Esami propedeutici: nessuno		Anno di corso: primo	
Prerequisiti:			
- conoscenze di aspetti elementari della matematica (algebra, trigonometria, logaritmi, geometria, funzioni elementari); - conoscenze operative di calcolo, quali tipicamente apprese nei corso di Analisi I e Geometria svolti in parallelo.			
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

Insegnamento: ANALISI MATEMATICA 2 / MATHEMATICAL ANALYSIS 2			
SSD: MAT/05	CFU: 9	Lezione: 46 ore	Esercitazione: 35 ore
Tipologia attività formativa: Base		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:			
<p>1) Il corso intende fornire allo studente gli strumenti atti a sviluppare la capacità di comprensione della struttura matematica dei problemi legati alla fisica e la capacità di analisi degli stessi attraverso un rigoroso apprendimento dei metodi matematici, indirizzato a far acquisire allo studente conoscenze e competenze matematiche ed a far sviluppare capacità applicative.</p> <p>2) Il corso affronta problemi di ottimizzazione mediante l'uso del calcolo differenziale in più variabili, modellizzazioni mediante l'uso della teoria delle equazioni differenziali ordinarie, approssimazione di funzioni mediante serie di potenze ed infine affronta vari problemi di tipo geometrico e meccanico legati al calcolo integrale di più variabili. Al termine del corso lo studente dovrà dimostrare di aver fatte proprie le tematiche affrontate, mediante un uso corretto del metodo logico deduttivo, e di avere sviluppato capacità applicative risolvendo problemi legati agli argomenti trattati.</p>			
Programma sintetico:			
<p>Calcolo differenziale per funzioni di più variabili. Limiti, continuità, derivate parziali, gradiente, differenziabilità. Massimi e minimi per funzioni di due variabili.</p> <p>Integrazione secondo Riemann in \mathbf{R}^n. Insiemi di \mathbf{R}^n misurabili secondo Peano-Jordan.</p> <p>Successioni e serie di funzioni. Convergenza puntuale e uniforme, passaggio al limite sotto il segno di integrale e di derivata. Serie di potenze, serie di Taylor di una funzione.</p> <p>Equazioni differenziali. Equazioni differenziali in forma normale e problema di Cauchy, teoremi di esistenza e unicità locale e globale.</p> <p>Curve regolari. Integrali curvilinei e forme differenziali lineari. Formule di Gauss-Green.</p> <p>Superfici regolari e integrali di superficie. Teorema della divergenza e formula di Stokes.</p> <p>Funzioni implicite e Teorema del Dini, massimi e minimi vincolati.</p>			
Contents:			
<p>Differential Calculus for multivariable functions. Limits, continuity, partial derivatives, gradient, differentiability.</p> <p>Maxima and Minima of functions of two variables.</p> <p>Riemann Integral in \mathbf{R}^n. Peano-Jordan measure in \mathbf{R}^n.</p> <p>Sequence and series of functions. Pointwise and uniform convergence, passage of limit under integral sign and differentiation, Power series, Taylor series.</p> <p>Ordinary differential equations. Normal form of ordinary differential equations and Cauchy problem, local and global existence theorems.</p> <p>Regular curves. Line integrals and differential forms. Gauss-Green formulas. Regular surfaces and surface integrals. Divergence theorem and Stokes formula. Implicit functions and implicit function theorem, constrained maxima and minima.</p>			
Esami propedeutici: Analisi Matematica 1		Anno di corso: secondo	
Prerequisiti:			
- padroneggiare i contenuti del corso di Analisi Matematica 1			
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e orale			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

Insegnamento: : ELETTRIMAGNETISMO / ELECTROMAGNETISM			
SSD: FIS/01	CFU: 9	Lezione: 46 ore	Esercitazione: 26 ore
Tipologia attività formativa: Base		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:			
<p>1) Il corso fornirà allo studente competenze su osservazioni sperimentali e descrizione teorica dei fenomeni elettromagnetici, necessarie al loro uso in Fisica.</p> <p>2) Il corso affronta i fenomeni elettromagnetici statici e dinamici e le loro applicazioni nel vuoto e nella materia. Al termine lo studente dovrà conoscere approfonditamente proprietà e formalismo dei campi elettromagnetici, e aver sviluppato le capacità necessarie per l'applicazione di tali concetti alla risoluzione di problemi.</p>			
Programma sintetico:			
Elettrostatica e correnti stazionarie:			
<p>Fenomeni d'interazione elettrica. Carica elettrica. Legge di Coulomb. Principio di sovrapposizione. Campo elettrico. Campi generati da distribuzioni di carica. Potenziale elettrostatico, operatore gradiente. Energia elettrostatica. Densità di energia del campo elettrico. Dipolo elettrico. Forza e momento meccanico su dipolo. Flusso di un campo vettoriale. Legge di Gauss, divergenza e rotore del campo elettrico. Campo elettrico in presenza di conduttori. Induzione elettrostatica, matrice di capacità. Condensatore. Problema generale dell'elettrostatica. Equazioni di Laplace e di Poisson. Metodo delle cariche immagini. Campi elettrici nella materia, polarizzazione, spostamento elettrico, dielettrici lineari, modelli microscopici. Corrente elettrica. Interpretazione microscopica della corrente. Legge di Ohm. Legge di Joule. Generatore elettrico, forza elettromotrice, potenza. Leggi di Kirchoff. Circuito RC.</p>			
Magnetostatica:			
<p>Fenomeni d'interazione magnetica. Forza di Lorentz e campo magnetico. Moto di particella carica in campo magnetico. Forza su un conduttore percorso da corrente. Momento meccanico su una spira di corrente. Flusso del campo magnetico. Legge della circuitazione di Ampère. Potenziale vettore. Campo magnetico generato da correnti stazionarie. Il campo di una spira a grande distanza, dipolo magnetico. Mezzi magnetici: diamagnetismo, paramagnetismo, ferromagnetismo.</p>			
Elettrodinamica:			
<p>Legge di Faraday. Auto e mutua induzione elettromagnetica. Circuito RL, circuito RLC. Energia del campo magnetico. Corrente di spostamento. Equazioni di Maxwell. Primi esempi di soluzione ondulatoria.</p>			
Contents:			
Electrostatics and steady currents			
<p>Electrical phenomena. Electric charge. Coulomb law. Superposition principle. Electric field. Fields generated by charge distributions. Electric potential, gradient operator. Electrostatic energy. Energy density of electric field. Electric dipole. Force and torque on a dipole. Flux of vector field. Gauss law, divergence and curl of electric field. Electric field in the presence of conductors. Electrostatic induction, capacitance matrix. Capacitor. General electrostatic problem. Laplace and Poisson equations. Method of images. Electric fields in matter, polarization, electric displacement, linear dielectrics, microscopic models. Electric current. Microscopic interpretation of the current. Ohm law. Joule law. Voltage source, electromotive force, power. Kirchoff's circuit laws. RC circuit.</p>			
Magnetostatics			
<p>Magnetic interaction phenomena. Lorentz force and magnetic field. Charged particle motion in magnetic field. Force on current-carrying conductor. Torque on current loop. Flux of magnetic field. Ampère's circuital law. Vector potential. Magnetic field generated by stationary currents. Field of current loop at large distances, magnetic dipole. Magnetic media: diamagnetism, paramagnetism and ferromagnetism.</p>			
Electrodynamics			
<p>Faraday's law. Self and mutual electromagnetic induction. RL and RLC circuits. Energy of magnetic fields. Displacement current. Maxwell's equations. First example of wave solution.</p>			
Esami propedeutici: Meccanica e Termodinamica		Anno di corso: secondo	
Prerequisiti:			
<ul style="list-style-type: none"> - conoscenze operative di calcolo differenziale e integrale, quali tipicamente apprese nel corso di Analisi I; - conoscenze operative di geometria e algebra lineare, quali tipicamente apprese nel corso di Geometria; - conoscenze delle equazioni differenziali e del calcolo integrale su domini multidimensionali (tale conoscenza viene fornita dal corso di Analisi II, svolto in parallelo). 			
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA 2 / PHYSICS LABORATORY COURSE 2			
SSD: FIS/01	CFU: 9	Lezione: 28 ore	Esercitazione: 66 ore
Tipologia attività formativa: Caratterizzante		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:			
<p>Il corso fornirà le nozioni fondamentali sui circuiti e reti elettriche, mediante semplici esperimenti rivolti alla misura di grandezze fisiche caratterizzanti il fenomeno in esame per favorire il processo di apprendimento e migliorare la capacità di comprensione.</p> <p>Lo studente sarà guidato nella applicazione delle conoscenze, parteciperà in gruppi alle attività sperimentali per prendere confidenza con le metodologie utilizzate e per favorire le sue capacità critiche e di comunicazione nella interazione con i colleghi di gruppo.</p> <p>Al termine lo studente dovrà dimostrare di aver acquisito familiarità nell'applicare i concetti dell'Elettromagnetismo alla risoluzione di problemi reali, di sapere affrontare un esperimento avendo ben chiari i passi necessari per una corretta esecuzione delle misure, curando l'analisi dei dati e la loro presentazione.</p>			
Programma sintetico:			
Circuiti in corrente stazionaria			
Corrente elettrica. Concetto di rete elettrica. Elementi circuitali e loro classificazione. Generatori elettrici. Principi di Kirchhoff. Metodi di risoluzione delle reti elettriche. Circuiti equivalenti di Thevenin e di Norton. Energetica dei circuiti. Strumentazione per corrente stazionaria: amperometro a bobina mobile, voltmetro analogico, tester digitale. Caratteristiche volt-amperometrico. Ponte di Wheatstone. Partitore di tensione.			
Circuiti in corrente variabili			
Correnti e tensioni variabili. Approssimazione quasi-stazionaria. Circuiti in corrente alternata. Metodo simbolico. Elementi circuitali in corrente alternata. Concetto di impedenza. Energetica in corrente alternata. Oscilloscopio. Simulazione dei circuiti elettrici. Circuiti RC, RL, LC, RLC e loro varianti. Circuiti in regime impulsivo. Linee di trasmissione dei segnali. Adattamento di impedenza e riflessione. Eccitazione sinusoidale delle linee.			
Dispositivi a semiconduttori			
Caratteristiche fisiche dei semiconduttori. Diodo a giunzione e suo uso come elemento circuitale. Transistor a semiconduttore. Il transistor come amplificatore			
Contents:			
Steady current circuits			
Electrical current. The concept of the electrical network. Elements of a circuit and their classification. Kirchoff's principles. The methods of nodes and meshes. Thévenin and Norton equivalent circuits. Energy in electrical circuits. Instrumentation for steady currents: analogical and digital voltmeters. The Wheatstone bridge.			
Variable current circuits			
Variable currents and voltages. Quasi-stationary approximation. Periodic currents and voltages. Symbolic method in electricity. Elements of a circuit in alternating current. Impedance. Energy in alternating current. Oscilloscope. Simulation of electrical circuits. RC, RL, LC and RLC circuits. Transient and stationary states. Transmission lines. Impedance matching. Sinusoidal forcing of the lines.			
Semiconductor devices			
Physical properties of semiconductors. The junction diode and its use as a circuital element. The semiconductor transistor. The transistor as an amplifier.			
Esami propedeutici: Laboratorio di Fisica 1		Anno di corso: secondo	
Prerequisiti:			
<ul style="list-style-type: none"> - padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica; - conoscenze operative di calcolo, quali tipicamente apprese nei corso di Analisi I e Geometria; - conoscenze di elettromagnetismo fornite dal corso di Elettromagnetismo 			
Modalità di accertamento del profitto: Valutazione relazioni in itinere, prove intercorso, prova pratica e colloquio finali.			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

Insegnamento: MECCANICA ANALITICA/ANALYTICAL MECHANICS			
SSD: MAT/07	CFU: 6	Lezione: 32 ore	Esercitazione: 16 ore
Tipologia attività formativa: Affine		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:			
Acquisizione di adeguate competenze nella formulazione matematica dei modelli impiegati nell'analisi dei sistemi meccanici discreti e continui. Alla fine del corso lo studente sarà capace di applicare le conoscenze e le competenze acquisite risolvendo semplici problemi legati agli argomenti trattati.			
Programma sintetico:			
Dinamica newtoniana. Cinematica e dinamica dei corpi rigidi. Equazioni di Eulero. Moti per inerzia. Solido libero. Analisi qualitativa delle equazioni differenziali. Stabilità degli equilibri. Analisi qualitativa di Weierstrass. Il metodo delle perturbazioni regolari. Dinamica lagrangiana. Le equazioni di Lagrange. Le equazioni di Lagrange per sollecitazioni conservative. Integrali primi nel formalismo lagrangiano. Simmetrie e integrali primi. Equilibrio, stabilità e piccole oscillazioni. Introduzione ai principi variazionali. Il principio di Hamilton. Dinamica hamiltoniana. Equazioni di Hamilton. Coordinate simplettiche. Parentesi di Poisson. Integrali primi e simmetrie. La teoria di Hamilton-Jacobi. Alcuni teoremi generali. Sistemi completamente integrabili. Variabili angolo-azione. Regole di selezione di Bohr- Sommerfeld. Cenni sulle perturbazioni hamiltoniane e sul teorema KAM. Introduzione alla meccanica dei continui.			
Contents:			
Newtonian Dynamics. Kinematics and dynamics of rigid bodies. Euler's equations. Free rotations. Free solid. Qualitative analysis of differential equations. Analysis of stability. Weierstrass' qualitative analysis. Poincare's perturbation method. Lagrangian Dynamics. Lagrange's equations. Lagrange's equations for conservative forces. First integrals. Symmetries and first integrals. Equilibrium, stability, and small oscillations. An introduction to variational principles. Hamilton's principle. Hamiltonian dynamics. Symplectic coordinates. Poisson brackets. First integrals and symmetries. The Hamilton-Jacobi theory. Some fundamental theorems. Completely integrable systems. Angle-action variables. Bohr-Sommerfeld quantization rules. A sketch of the Hamiltonian perturbation theory. Overview of KAM. Introduction to continuum mechanics.			
Esami propedeutici: Meccanica e Termodinamica, Analisi Matematica 1, Geometria		Anno di corso: secondo	
Prerequisiti:			
- padroneggiare i contenuti del corso di Analisi 2 in particolare: 1) calcolo differenziale e integrale multidimensionale; 2) Curve e superfici; 3) Forme differenziali; 4) Funzioni implicite; 5) Equazioni differenziali ordinarie.			
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

Insegnamento: METODI MATEMATICI DELLA FISICA / MATHEMATICAL METHODS OF PHYSICS			
SSD: FIS/02	CFU: 9	Lezione: 46 ore	Esercitazione: 26 ore
Tipologia attività formativa: Caratterizzante		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: Acquisizione di adeguate competenze sull'analisi delle funzioni a variabile complessa, sulle basi dell'analisi funzionale, sulla teoria degli operatori e sulle equazioni differenziali di particolare interesse fisico. Capacità di impostare e risolvere problemi matematici di origine fisica.			
Programma sintetico: <i>Analisi Complessa:</i> Funzioni complesse di variabile complessa. Funzioni olomorfe. Condizioni di Cauchy –Riemann. Curve in aperti del piano complesso. Teorema Integrale di Cauchy. Funzioni analitiche. Teorema di Liouville. Serie di Laurent e classificazione delle singolarità isolate. Teorema dei residui. <i>Spazi lineari complessi:</i> Spazi di Hilbert. Algebra degli operatori lineari limitati. Teoria spettrale per operatori lineari in spazi di Hilbert di dimensione finita. Spazi di Hilbert delle funzioni a quadrato sommabile. Proprietà delle funzioni complesse di n variabili reali a quadrato sommabile. La convoluzione. Identità approssimate. Basi ortonormali. Polinomi di Legendre. Le base trigonometriche. <i>Analisi di Fourier</i> Serie di Fourier. Trasformata di Fourier. Lemma di Riemann-Lebesgue. Il teorema di Plancherel. Formula di inversione. Trasformata di Fourier di convoluzioni. Operatori di moltiplicazione e derivazione. Principio di indeterminazione di Heisenberg. <i>Teoria delle Distribuzioni</i> Spazio delle funzioni test. Funzioni generalizzate. Derivate di una distribuzione. Convoluzione di distribuzioni. Distribuzioni temperate. Teorema di Schwartz. Convoluzione di distribuzioni temperate. La trasformata di Fourier di distribuzioni temperate. <i>Equazioni differenziali di interesse per la fisica</i> L'equazione del calore, l'equazione delle onde, l'equazione di Laplace e l'equazione di Helmholtz. Soluzioni fondamentali delle equazioni differenziali alle derivate parziali di interesse fisico. Contents: <i>Complex Analysis:</i> Complex functions of a complex variable. Holomorphic functions. Cauchy-Riemann conditions. Curves in open sets of the complex plane. Cauchy's integral. Analytic functions. Liouville's theorem. Laurent's series and classification of isolated singularities. Residue theorem. <i>Complex linear spaces</i> Hilbert spaces. Algebras of bounded operators. Spectral theory in finite dimensions Hilbert spaces. Hilbert spaces of square integrable functions. Square integrable complex functions of n real variables. Convolution. Approximate identities. Orthonormal basis. Legendre polynomials. Trigonometric bases. <i>Fourier analysis</i> Fourier series. Fourier transform. Riemann-Lebesgue lemma. Plancherel's theorem. Inversion formula. Fourier transform of convolutions. Multiplication and derivation operators. Heisenberg uncertainty principle <i>Distribution theory</i> Spaces of test functions. Generalized functions. Derivative of a distribution. Convolution of distributions. Tempered distributions. Schwartz theorem. Convolution of tempered distributions. Fourier transform of tempered distributions. <i>Differential equations of physical interest</i> Heat equation, wave equation, Laplace's equation, Helmholtz equation. Fundamental solutions of the partial differential operators of physical interest.			
Esami propedeutici: Analisi Matematica 1, Geometria		Anno di corso: secondo	
Prerequisiti: - padroneggiare i contenuti del corso di Analisi 2 in particolare: Algebra dei numeri complessi. Teoria spettrale per matrici n x n reali e complesse. Calcolo differenziale per funzioni di una e più variabili reali. Analisi vettoriale.			
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e/o scritto.			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

Insegnamento: ONDE E OTTICA CON LABORATORIO / WAVES AND OPTICS WITH LABORATORY				
SSD: FIS/01	CFU: 9	Lezione: 32 ore	Esercitazione: 18 ore	Laboratorio: 30 ore
Tipologia attività formativa: Base		Durata del corso: semestrale		
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:				
<p>1) Il corso fornirà allo studente competenze su osservazioni sperimentali e descrizione teorica dei fenomeni ondulatori, meccanici ed elettromagnetici, e dell'ottica, necessarie al loro uso in Fisica. Al termine lo studente dovrà conoscere approfonditamente proprietà e formalismo dei fenomeni ondulatori e dell'ottica elementare, e aver sviluppato le capacità necessarie per l'applicazione di tali concetti alla risoluzione di problemi (parte di fenomenologia 6 CFU).</p> <p>2) Il corso è completato da una rilevante parte di laboratorio e mediante semplici esperimenti si favorisce il processo di apprendimento e si migliora la capacità di comprensione dei fenomeni studiati (parte di laboratorio 3 CFU).</p>				
Programma sintetico:				
Fenomeni ondulatori generali:				
<p>Richiami su fenomeni oscillatori. Oscillatori accoppiati e modi normali. Battimenti. Fenomeni ondulatori meccanici (corda tesa, onde elastiche, suono). Equazione di D'Alembert. Onde monocromatiche piane e sferiche. Onde dispersive. Pacchetti di onde, rappresentazione nel dominio delle frequenze, trasformata di Fourier, larghezza di banda. Velocità di gruppo. Sorgente locale di onde. Impedenza caratteristica, riflessione e rifrazione. Onde confinate spazialmente. Onde stazionarie e modi normali di risonatori. Effetto Doppler.</p>				
Ottica fisica e fenomenologia dell'interazione radiazione-materia:				
<p>Onde elettromagnetiche. Invarianza della velocità della luce. Introduzione alla relatività ristretta. Teorema di Poynting. Leggi di conservazione di energia e quantità di moto. Generazione delle onde elettromagnetiche. Radiazione emessa da cariche accelerate e dipolo oscillante. Riflessione e rifrazione della luce, derivazione elettromagnetica. Interferenza e diffrazione della luce e concetto di coerenza. Diffrazione alla Fraunhofer. Potere risolutivo. Polarizzazione della luce. Birifrangenza, dicroismo, legge di Malus, attività ottica e potere rotatorio. La diffusione della luce. Spettri di assorbimento e di emissione. Cenni sull'esistenza e le proprietà basilari dei fotoni. Il laser.</p>				
Ottica geometrica:				
<p>Leggi dell'ottica geometrica. Prisma rifrangente. Formazione delle immagini. Diottra. Sistemi ottici centrati. Cenni sulla struttura dell'occhio umano. Strumenti ottici semplici e composti.</p>				
Contents:				
General wave phenomena				
<p>Recalls on oscillations. Coupled oscillators and normal modes. Beats. Mechanical waving phenomena (string, elastic waves, sound). D'Alembert equation. Plane and spherical monochromatic waves. Dispersive waves. Dispersive waves. Wave packets. Group velocity. Local sources. Characteristic impedance, reflection and refraction. Spatially confined waves. Stationary waves and normal modes. Doppler effect.</p>				
Physical optics				
<p>Electromagnetic waves. Invariance of the speed of light. Introduction to relativistic kinematics. Conservation laws of energy and momentum. Poynting vector. Emission of electromagnetic waves. Radiation emitted by accelerated charges. Reflection and refraction phenomena of the light. Interference and diffraction of light and the concept of coherence. Fraunhofer diffraction. Resolution power. Polarization of light. Malus' law. Optical activity and rotation power. Diffusion of light. Absorption and emission spectra. The black body. The photoelectric effect. Introduction to basic properties of photons. The laser.</p>				
Geometrical optics				
<p>The laws of geometrical optics. The refractive prism. Formation of images. The centred optical systems. Outline of the human eye structure. Simple and complex optical instruments.</p>				
Esami propedeutici: Meccanica e termodinamica		Anno di corso: secondo		
Prerequisiti:				
<ul style="list-style-type: none"> - padroneggiare i contenuti dei corsi di Analisi Matematica 1 e Geometria; - padroneggiare i contenuti del corso di Elettromagnetismo; - conoscenze delle equazioni differenziali e del calcolo integrale su domini multidimensionali, quali tipicamente apprese nel corso di Analisi 2. 				
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.				
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti				

Insegnamento: ELEMENTI DI FISICA DELLA MATERIA / ELEMENTS OF MATTER PHYSICS			
SSD: FIS/03	CFU: 9	Lezione: 46 ore	Esercitazione: 26 ore
Tipologia attività formativa: Caratterizzante		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:			
<p>Il principale obiettivo è acquisire informazioni sulla struttura della materia dalla fisica atomica fino alla materia condensata. Al termine del corso lo studente dovrà dimostrare di conoscere le principali proprietà fisiche degli atomi, di semplici molecole e solidi elementari. Di essere in grado di applicare il formalismo ed i concetti della meccanica quantistica e della fisica statistica alla risoluzione di problemi di Fisica della Materia, di sapere affrontare il calcolo numerico di grandezze fisiche misurabili formulando ipotesi e approssimazioni e verificando che le approssimazioni adottate siano coerenti ed appropriate al fenomeno ed alle proprietà che si volevano studiare.</p>			
Programma sintetico:			
Introduzione alla fisica statistica:			
<p>Richiami di Termodinamica. Postulati della Meccanica Statistica. Insieme micro-canonical e canonical, equilibrio termico, funzione di partizione, connessioni con la termodinamica. Fluttuazioni dell'energia: statistica di Maxwell-Boltzmann, statistiche di Bose-Einstein e Fermi-Dirac. Applicazioni al calcolo dei calori specifici nei gas e nei materiali.</p>			
Atomi a molti elettroni:			
<p>Particelle identiche in meccanica quantistica: simmetrie di scambio. Atomo di Elio: stato fondamentale e stati eccitati. Cenni sul metodo autoconsistente di Hartree-Fock. Oltre il campo autoconsistente: teoria dei multipletti.</p>			
Interazione di un atomo con la radiazione elettromagnetica:			
<p>Approccio semiclassico e teoria delle perturbazioni. Approssimazione di dipolo elettrico, magnetico e quadrupolo elettrico per un atomo idrogenoide: regole di selezione. Emissione spontanea: approccio statistico di Einstein e sue applicazioni. Interazione radiazione materia non risonante. Effetto fotoelettrico. Assorbimento ed emissione di raggi X: fluorescenza.</p>			
Molecole:			
<p>Proprietà delle molecole: Approssimazione di Born-Oppenheimer. Calcolo degli stati elettronici della molecola di idrogeno in approssimazione di Born-Oppenheimer. Orbitali molecolari ed approssimazione di Heitler-London. Legame ionico e covalente. Molecole biatomiche: simmetrie e proprietà. Spettri elettronici, vibrazionali e rotazionali di molecole biatomiche. Cenni sulle proprietà elettroniche e vibrazionali di semplici molecole a molti atomi.</p>			
Cenni su alcune proprietà dei solidi:			
<p>Elettroni in un potenziale periodico unidimensionale: stati di Bloch. Metalli ed isolanti di banda. Cenni di trasporto nei metalli (tempo di rilassamento). Cenni sui fononi.</p>			
Contents:			
Introduction to statistical physics:			
<p>Recalls of thermodynamics. Postulates of statistical mechanics. Micro-canonical and canonical ensembles, thermal equilibrium, partition function, connections with thermodynamics. Energy fluctuations: Maxwell-Boltzmann, Bose-Einstein and Fermi-Dirac statistics. Application to the evaluation of specific heats in gas and solids.</p>			
Many-Electron atoms:			
<p>Identical particles: exchange symmetry. He atom: ground and excited states. Self-consistent Hartree-Fock approach. Beyond the mean-field: multiplets. Relativistic and magnetic corrections.</p>			
Interaction of an atom with radiation:			
<p>Semi-classical theory of light-matter interaction and perturbation theory. Selection rules within electrical and magnetic dipole and electric quadrupole approximations. Einstein argument for spontaneous emission. Photoelectric effect. X-ray fluorescence and elemental analysis. LASER principles.</p>			
Molecules:			
<p>Born-Oppenheimer approximation. Ground state electron wave-functions for a Hydrogen molecule. Molecular orbitals and Heitler-London approximation. Ionic and covalent chemical bonds. Symmetries of bi-atomic molecules. Vibrational and rotational spectra of bi- and poly-atomic molecules.</p>			
Elementary introduction to solids:			
<p>Periodic potential and Bloch states. Metals and band insulators. Semi-classical approach to electron transport in simple metals (relaxation time). Normal modes of simple lattices: phonons. Phonon and electron contributions to specific heat.</p>			
Esami propedeutici: Elettromagnetismo, Onde e Ottica		Anno di corso: terzo	

Prerequisiti:

- padroneggiare i contenuti del corso di Istituzioni di Meccanica quantistica, in particolare: i) spettro ed autofunzioni del rotatore rigido; ii) spettro ed autofunzioni dell' atomo di Idrogeno; iii) teoria delle perturbazioni per stati degeneri e non; iv) teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo (primo ordine); v) somma di momenti angolari.

Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.

Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti

Insegnamento: ISTITUZIONI DI MECCANICA QUANTISTICA / PRINCIPLES OF QUANTUM MECHANICS			
SSD: FIS/02	CFU: 12	Lezione: 62 ore	Esercitazione: 34 ore
Tipologia attività formativa: Caratterizzante		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:			
Acquisizione di adeguate competenze sulle basi della meccanica quantistica e sulla sua formalizzazione. Alla fine del corso lo studente sarà capace di applicare le conoscenze e le competenze acquisite risolvendo semplici problemi legati agli argomenti trattati.			

Programma sintetico:**Fondamenti osservativi della Meccanica Quantistica**

La radiazione di corpo nero; l'effetto fotoelettrico; l'effetto Compton; il comportamento particellare della radiazione; lo spettro atomico e le ipotesi di Bohr; l'esperimento di Franck e Hertz; il comportamento ondulatorio e l'esperimento di Bragg; l'esperimento di Davisson e Germer; fenomeni di interferenza tra particelle materiali.

La formulazione alla Schrödinger e gli aspetti probabilistici

Dalla meccanica classica alla meccanica ondulatoria; distribuzioni di probabilità e vettori dello spazio di Hilbert; relazione di indeterminazione tra posizione e momento; proprietà di trasformazione delle funzioni d'onda; rappresentazione di Heisenberg; stati quantistici nella rappresentazione di Heisenberg; formalismo alla Dirac.

Soluzioni delle equazioni del moto

Funzione di Green dell'equazione di Schrödinger, integrazione delle equazioni del moto nella rappresentazione di Heisenberg – l'oscillatore armonico.

Applicazioni elementari

Problemi uno-dimensionali; condizioni al bordo per particelle confinate da potenziali; coefficienti di riflessione e trasmissione; potenziali a gradino; effetto Tunnel; oscillatore armonico unidimensionale; l'equazione di Schrödinger per un potenziale centrale; l'atomo d'idrogeno, l'oscillatore armonico isotropo in due e tre dimensioni; la trattazione algebrica dell'oscillatore armonico; considerazioni generali su oscillatore armonico e stati coerenti.

Lo spin

L'esperimento di Stern–Gerlach e lo spin dell'elettrone; la funzione d'onda con lo spin; la somma di momenti angolari.

Simmetrie in meccanica quantistica

Il significato di simmetria; cambi di sistemi di riferimento e corrispondenti simmetrie in meccanica quantistica; rototraslazioni; traslazioni temporali; riflessioni spaziali; l'inversione temporale.

Teoria delle Perturbazioni

Approssimazione degli autovalori ed autovettori dell'operatore Hamiltoniano; effetto Stark e Zeeman; formalismo dipendente dal tempo.

Contents:**Experimental foundations of quantum theory:**

The black-body radiation; Photoelectric effect; Compton effect; the particle-like behaviour of radiation; atomic spectra and the Bohr hypotheses; the experiment of Franck and Hertz; wave-like behaviour and the Bragg experiment; the experiment of Davisson and Germer; the interference phenomena among material particles.

Schrödinger picture and probabilistic aspects

From classical to wave mechanics; probability distributions associated with vectors in Hilbert spaces; uncertainty relations for position and momentum; transformation properties of wave functions; the Heisenberg picture; quantum states in the Heisenberg picture; the Dirac formalism.

Integrating the equations of motion

Green kernel of the Schrödinger equation, integrating the equations of motion in the Heisenberg picture - the harmonic oscillator.

Elementary applications

One-dimensional problems; boundary conditions for particle confined by a potential; reflection and transmission coefficients; step-like potentials; tunnelling effect; the one-dimensional harmonic oscillator; the Schrödinger equation in a central potential; the Hydrogen atom; the isotropic harmonic oscillator in two and three dimensions; the algebraic treatment of harmonic oscillator; general considerations on harmonic oscillators and coherent states.

Introduction to spin

The Stern–Gerlach experiment and electron spin; wave functions with spin; addition of angular momenta.

Symmetries in quantum mechanics

The meaning of symmetry; transformations of frames and corresponding quantum symmetries; rototranslations; time translation; spatial reflection; time reversal.

Perturbation theory

The approximation of eigenvalues and eigenvectors of Hamiltonian operator; Stark and Zeeman effects; Time-dependent formalism.

Esami propedeutici: Elettromagnetismo, Onde e Ottica

Anno di corso: terzo

Prerequisiti:

- padroneggiare i contenuti del corso di Geometria in particolare l'algebra delle matrici;
- padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica Analitica;
- padroneggiare alcuni contenuti del corso di Metodi Matematici della Fisica, in particolare: elementi di equazioni differenziali alle derivate parziali e loro soluzioni, ed elementi di analisi funzionale;

Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale

Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti
--

Insegnamento: LABORATORIO DI FISICA 3 / P[PHYSICS LABORATORY COURSE 3			
--	--	--	--

SSD: FIS/01	CFU: 9	Lezione: 28 ore	Esercitazione: 66 ore
--------------------	---------------	------------------------	------------------------------

Tipologia attività formativa: Caratterizzante	Durata del corso: semestrale
--	-------------------------------------

Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:

Il corso intende fornire agli studenti le conoscenze relative ai transistor bipolari e unipolari ed ai circuiti di base della elettronica analogica (amplificatori, amplificatori con reazione, amplificatori operazionali) e digitale (analisi e sintesi di funzioni combinatorie e circuiti sequenziali, con particolare riferimento a semplici sistemi di controllo) di uso comune nella strumentazione di misura, introdotti in modo funzionale alla progettazione di un sistema di acquisizione. Il corso si propone anche di familiarizzare lo studente con la strumentazione digitale di nuova generazione nel dominio del tempo e della frequenza (oscilloscopi digitali, ADC, analizzatori di spettro e vettoriali), con cenni ai temi di grounding, shielding ed ai principali sistemi attivi di riduzione del rumore. Laddove possibile, gli argomenti trattati saranno anche illustrati con l'impiego di programmi di simulazione e di analisi numerica.

Saranno inoltre introdotti sensori e rivelatori di impiego generale di cui si studieranno le caratteristiche e le tecniche di lettura ed interfacciamento.

L'attività di laboratorio svilupperà le capacità applicative dello studente nel progettare e realizzare circuiti elettronici orientati alla misura di grandezze fisiche, accrescendo la sua capacità di apprendimento e il grado di autonomia nell'operare e nella valutazione dei risultati delle esperienze effettuate.

Programma sintetico:**Dispositivi a semiconduttore:**

Transistor bipolari e JFET. Caratteristiche di ingresso e di uscita. Circuito di polarizzazione. Modelli lineari del transistor. Amplificatori. Risposta in frequenza degli amplificatori.

Circuiti digitali:

Sistema di numerazione binario. Algebra booleana e operatori logici. Sintesi di funzioni combinatorie. Sintesi di circuiti sequenziali orientati al controllo: automi a stati finiti.

Amplificatori operazionali:

Amplificatori con reazione. Amplificatore operazionale. Applicazioni lineari e non lineari degli operazionali. Amplificatori di tensione, corrente e trans-impedenza

Tecniche e strumentazione di misura:

Cenni sul rumore nei dispositivi e nei circuiti elettronici. Tecniche di schermatura attive e passive. Strumentazione di misura nel dominio del tempo e della frequenza (oscilloscopi digitali, analizzatori di spettro e vettoriali). Convertitori ADC e DAC; principi di funzionamento e principali figure di merito.

Sensori e rivelatori:

Sensori e rivelatori di impiego generale di cui si studieranno le caratteristiche e le tecniche di lettura ed interfacciamento.

Attività di Laboratorio: Lo scopo di tale attività è duplice: da una parte completare e approfondire gli argomenti trattati nelle lezioni frontali; dall'altra, valorizzare e contestualizzare le competenze acquisite, applicandole ad una misura effettuata con un sensore studiato. Il corso si propone quindi di costruire con il laboratorio un percorso sperimentale e strumentale che metta in condizione lo studente di affrontare la caratterizzazione e la lettura di un sensore con i circuiti, gli strumenti e le tecniche studiate.

Contents:**Semiconductor devices:**

Bipolar Transistors and JFET. Input-Output characteristics. The polarization circuit. Linear models for the transistor. Amplifiers. Frequency response of the amplifiers.

Digital circuits:

Binary numbering system. Boolean algebra and logical operators. Combinatorial functions. Finite state machines

Operational amplifiers:

Amplifiers with feedback. Operational amplifier. Linear and non linear applications of operational amplifiers. Voltage, current and trans-impedance amplifiers.

Techniques and instrumentation for measurements:

Introduction to noise in electronic circuits and devices. Active and passive techniques for shielding. Instrumentation for measurements in time or frequency domains. ADC and DAC converters.

Sensors and detectors:

Sensors and detectors of general use. Input-Output characteristics and interconnections.

Esami propedeutici: Laboratorio di Fisica 2

Anno di corso: terzo

Prerequisiti:

- padroneggiare i contenuti del corso di Elettromagnetismo e Ottica;

Modalità di accertamento del profitto: Esame orale e prova pratica.

Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti

Insegnamento: METODI COMPUTAZIONALI IN FISCA/ COMPUTATIONAL METHODS IN PHYSICS			
SSD: FIS/02	CFU: 6	Lezione: 25 ore	Esercitazione: 42 ore
Tipologia attività formativa: Caratterizzante		Durata del corso: semestrale	

Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:

Il corso intende fornire allo studente la capacità di affrontare e risolvere un problema fisico reale la cui soluzione si può ottenere con metodi numerico-computazionali. Particolare attenzione viene posta sulla scelta e realizzazione degli algoritmi più appropriati alla soluzione dei diversi problemi

Programma sintetico:

Verranno trattati alcuni problemi in diversi ambiti della fisica, come per esempio:

- i sistemi dinamici (sistemi di equazioni differenziali ordinarie accoppiate non lineari). Un possibile campo di applicazione fisico è la meccanica (e.g. simulazione di orbite planetarie, simulazioni di astronautica, simulazione di modelli atmosferici o di sistemi caotici, simulazioni di dinamica molecolare);
- i campi statici (equazioni differenziali alle derivate parziali di tipo ellittico). Un possibile campo di applicazione fisico è l'elettromagnetismo statico (e.g. determinazione del potenziale elettrico di sistemi fisici con geometria complessa, determinazione del campo per ottiche magnetiche complesse);
- le onde (equazioni differenziali alle derivate parziali di tipo iperbolico o parabolico). Fra i possibili campi di applicazione fisica: elettromagnetismo dinamico, meccanica quantistica (e.g. simulazione di propagazione di un solitone, simulazione di propagazione ottica, simulazione di processi quantistici 1D);
- processi casuali. Fra i possibili campi di applicazione fisica: meccanica statistica, fisica nucleare e subnucleare (e.g. simulazioni Montecarlo di sistemi di spin, simulazione di reazioni nucleari e sciame subnucleari).

Ogni argomento verrà sviluppato con la realizzazione di un programma numerico, sfruttando i framework dei principali software scientifici con particolare riferimento a quelli disponibili gratuitamente o grazie a particolari convenzioni dell'Ateneo.

Contents:

Several problems in different physics topics will be analysed, for instance:

- the dynamical systems (non linear coupled differential equation). A possible field of application in physics is the mechanics (e.g. simulation of planetary orbits, atmospheric models, chaotic systems or molecular dynamics);
- the static fields (elliptical partial differential equation). A possible field of application in physics is the static electromagnetism (e.g. electrical potential of complex geometrical systems, determination of the magnetic field for complex optics);
- the waves (hyperbolic or parabolic partial differential equations). Possible fields of application in physics are electrodynamics and quantum mechanics (e.g. simulation of soliton and optical propagations, quantum process in 1D);
- the random process. Possible fields of application in physics are statistical mechanics, nuclear and particle physics (e.g. Montecarlo simulations of spin systems, simulations of nuclear reactions and particle showers).

Each topics will be developed with the implementation of the numerical computation, using the main scientific software.

Esami propedeutici: Informatica, Elettromagnetismo, Onde e Ottica con laboratorio	Anno di corso: terzo
--	-----------------------------

Prerequisiti:

- padroneggiare la programmazione in un linguaggio avanzato come da propedeuticità del corso di Informatica

Modalità di accertamento del profitto: Prova pratica e/o orale.

Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti

Insegnamento: RELATIVITA', NUCLEI E PARTICELLE/ RELATIVITY, NUCLEAR AND PARTICEL PHYSICS

SSD: FIS/04	CFU: 9	Lezione: 46 ore	Esercitazione: 26 ore
Tipologia attività formativa: Caratterizzante		Durata del corso: semestrale	

Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:	
Il corso intende fornire allo studente adeguata conoscenza e capacità di comprensione delle basi della fisica del nucleo e delle particelle elementari.	
Programma sintetico:	
Elementi di relatività ristretta:	
Invarianza delle leggi fisiche nei riferimenti inerziali. Esperimento di Michelson-Morley e l'invarianza della velocità della luce. Postulati della relatività ristretta. Cinematica relativistica. Dinamica relativistica. Relazione massa e energia. Leggi di conservazione di energia e quantità di moto. L'effetto Compton. Quadri-vettori e spazio di Minkowsky. Covarianza delle leggi dell'elettromagnetismo.	
Metodologie di indagine della fisica nucleare e subnucleare:	
Fasci e acceleratori di particelle. Esperimenti a bersaglio fisso e collider. Principali rivelatori di radiazioni. Reazioni e misura delle sezioni d'urto. Particelle instabili. Ampiezze di decadimento e risonanze. Misura delle masse invarianti. Misura delle vite medie.	
Elementi di fisica del nucleo:	
Il nucleo atomico. Sezione d'urto di Rutherford. Dimensioni nucleari. Massa ed energia di legame. Parità. Modelli nucleari: a goccia liquida, a gas di Fermi, a shell a particella singola. Leggi del decadimento radioattivo. Radioattività alfa, beta, gamma. La forza nucleare. Reazioni nucleari. Fissione spontanea e fissione indotta. Fusione termonucleare. Nucleo sintesi ed evoluzione stellare.	
Elementi di fisica delle particelle elementari:	
Classificazione fenomenologica: leptoni, adroni, bosoni. Particelle e antiparticelle. Simmetrie e leggi di conservazione: parità, coniugazione di carica, inversione temporale. Numeri quantici. Interazioni fra le particelle. Raggio di azione delle interazioni. Interazione elettromagnetica. Interazione forte: barioni, mesoni e modello a quark. Interazione debole. Il neutrino. Cenni sull'unificazione elettrodebole e il bosone di Higgs. Problemi aperti della fisica delle particelle	
Contents:	
Introduction to special relativity:	
Invariance of the physics law in inertial frames. The Michelson-Morley experiment and the invariance of the speed of light. The postulates of special relativity. Relativistic kinematics. Relativistic dynamics. Relation between mass and energy. Conservation laws of momentum and energy. The Compton effect. The four vectors and the Minkowsky space. Covariance of the laws of electromagnetism.	
Experimental methods in nuclear and particle physics:	
Beams and accelerators of particles. Fixed target and collider experiments. Radiation detectors. Reactions and measurement of cross-sections. Unstable particles. Decay amplitudes and resonances. Invariant mass measurements. Lifetime measurements.	
Introduction to nuclear physics:	
The atomic nucleus. The Rutherford cross section. Nuclear dimensions. Mass and binding energy. Parity. Nuclear models: the liquid drop, the Fermi gas, the shell. The laws of radioactive decays. Alfa, beta and gamma radioactivity. The nuclear force. Nuclear reactions. Spontaneous and induced fissions. Thermonuclear fusion. Nucleosynthesis and stellar evolution.	
Introduction to particle physics:	
Phenomenological classification: leptons, hadrons, bosons. Particles and antiparticles. Symmetries and conservation laws: parity, charge conjugation, time reversal. Quantum numbers. Particle interactions. Range of interaction. Electromagnetic interaction. Strong interaction: baryons, mesons and the quark model. Weak interaction. The neutrino. Introduction to electroweak unification and the Higgs boson. Open problems in particle physics.	
Esami propedeutici: Elettromagnetismo, Onde e Ottica	Anno di corso: Terzo
Prerequisiti:	
- concetti generali di struttura atomica e chimica generale; - padroneggiare i contenuti del corso di Istituzioni di Meccanica quantistica, in particolare:	
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.	
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti	

Insegnamento: ANALISI STATISTICA DEI DATI SPERIMENTALI/STATISTICAL ANALYSIS OF EXPERIMENTAL DATA			
SSD: FIS/01	CFU: 6	Lezione: 32 ore	Esercitazione: 20

Tipologia attività formativa: Scelta	Durata del corso: semestrale
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: Il corso intende fornire agli studenti una conoscenza più approfondita delle tecniche statistiche di analisi dei dati sperimentali. In particolare si svilupperanno i diversi aspetti della teoria della probabilità e dell'inferenza statistica ad un livello sufficientemente avanzato. Di particolare importanza saranno le esercitazioni nelle quali si useranno, sia per l'analisi che la simulazione, software specialistici di ambito statistico. Alla fine del corso lo studente dovrebbe essere in grado di condurre un'analisi statistica elaborata su un campione di dati osservati o simulati.	

Programma sintetico:***Elementi di teoria della probabilità***

Definizioni di probabilità. Proprietà e teoremi fondamentali. Elementi di calcolo combinatorio. Dipendenza stocastica e probabilità condizionata. Teorema di Bayes e sue implicazioni.

Variabili aleatorie

Variabili aleatorie discrete e continue. Distribuzioni di variabili casuali e loro caratteristiche. Funzione cumulativa. Variabili multidimensionale. Covarianza e correlazione. Trasformazioni di variabili. Funzioni di variabili casuali e propagazione delle incertezze statistiche. Funzione caratteristica.

Modelli di variabili casuali di interesse per la fisica

Processi bernoulliani e corrispondenti distribuzioni: binomiale, geometrica, multinomiale, ipergeometrica. La distribuzione di Poisson. Le distribuzioni continue: uniforme, esponenziale e Cauchy. La distribuzione di Gauss. La distribuzione multi-normale. Le distribuzioni inferenziali del χ^2 , di Student e di Fisher. Generazione delle variabili casuali e metodi di simulazione.

Il problema dell'inferenza statistica

Studio sperimentale delle distribuzioni. Campione statistico. Statistiche campionarie. Media aritmetica, varianza campionaria e loro distribuzioni. La legge dei grandi numeri. Teorema del limite centrale.

Stima dei parametri delle distribuzioni

Proprietà degli stimatori. Metodo della massima verosimiglianza e sue applicazioni alle distribuzioni semplici. Stima dell'intervallo di variabilità dei parametri. Metodo degli intervalli di confidenza .

Test delle ipotesi

Test statistici. Ipotesi nulla e alternative. Livello di significatività e potenza dei test. Test non parametrici. Principali statistiche di test. Test del χ^2 . Test del rapporto di verosimiglianza e lemma di Neyman-Pearson.

Stima dei parametri delle leggi fisiche

Metodo dei minimi quadrati. Il caso lineare: la media pesata, l'andamento rettilineo e formalismo generale del caso multi-dimensionale. Relazione con la massima verosimiglianza. Caso generale e metodi di linearizzazione. Valutazione della qualità dei fit. Coefficiente R^2 . Applicazione del test del χ^2 al metodo dei minimi quadrati.

Contents***Introduction to probability theory***

Definitions of probability. Properties and fundamental theorems. Combinatorics. Stochastic dependence and the conditional probability. The Bayes theorem and its implications.

Random variables

Random variables. Discrete and continuous variables. Distributions of random variables and their characteristics. Cumulative distribution. Multidimensional variables. Covariance and correlation. Transformation of variables. Functions of random variables and propagation of the statistical uncertainty. Characteristic function.

Distributions of interest for physics

The Bernoulli process and related distributions: binomial, geometric, multinomial and ipergeometric. The Poisson distribution. Continuous distribution functions: uniform, exponential and Cauchy. The Gaussian distribution. The multi-normal distribution. The inference variables: the distributions of χ^2 , Student and Fisher. Generation of random variables and simulation methods.

The problem of the statistical inference

Experimental study of distribution. Statistical samples. Statistics sampling. The arithmetic mean, the variance and their distributions. The law of large numbers. The central limit theorem.

Estimation of the distribution parameters

Properties of estimators. The maximum likelihood method and its applications. Interval estimation of parameters. The method of confidence intervals.

Hypothesis testing

Statistical tests. Null and alternative hypothesis. Significance level and power of tests. Non parametric tests. Principal test statistics. The χ^2 test. The likelihood ratio test and the Neyman-Pearson lemma.

Estimation of the parameters of the physics laws

The least squares method. The linear case: the weighted average, the straight line and the general formalism for the multi-dimensional case. Relation with the maximum likelihood method. The general case and linearization methods. Evaluation of the fit goodness. The R^2 coefficient. Application of the χ^2 test to the least squares method.

Esami propedeutici nessuno

Anno di corso: secondo

Prerequisiti:

- padroneggiare i contenuti dei corsi di Analisi Matematica 1 e 2, Geometria;
- padroneggiare i contenuti dei corsi di Laboratorio di Fisica 1 e 2

Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale

Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti
--

Insegnamento: CHIMICA FISICA APPLICATA/ APPLIED CHEMICAL PHYSICS			
SSD: CHIM/02	CFU: 6	Lezione: 30 ore	Esercitazione: 18 ore
Tipologia attività formativa: scelta		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:			
<p>Il corso propone diversi concetti di base della chimica-fisica e la loro applicazione a tematiche generali quali la reattività fotocatalisi e la conversione di energia, con particolare attenzione a materiali e dispositivi tecnologici.</p> <p>Al termine del corso lo studente sarà in grado di individuare le relazioni tra le proprietà strutturali ed elettroniche e il funzionamento di sistemi molecolari complessi e di materiali eterogenei funzionali. Sarà inoltre in grado di sviluppare le conoscenze critiche per la simulazione e il design di nuovi materiali a partire dal calcolo delle loro proprietà chimico-fisiche. Il corso prevede delle esperienze obbligatorie di laboratorio computazionale</p>			
Programma sintetico:			
<p>- Introduzione Il ruolo della chimica fisica nelle scienze e tecnologie moderne. Molecole, Materiali e Dispositivi. Il paradigma della conversione dell'energia e dell'efficienza energetica.</p> <p>- Elementi di chimica computazionale Teoria, modello e simulazione. Meccanica molecolare e simulazione di sistemi molecolari complessi. Metodi ab initio e calcolo di proprietà elettroniche in molecole e materiali solidi estesi.</p> <p>- Cinetica chimica e catalisi Richiami di termodinamica chimica. Introduzione alla cinetica chimica. Metodi sperimentali e teorici per lo studio delle reattività chimica. Teoria dello stato stazionario. Catalisi omogenea ed eterogenea. Elettrocatalisi.</p> <p>- Chimica fisica delle energie rinnovabili Lo scenario attuale delle tecnologie rinnovabili. Energia solare: tecnologie fotovoltaiche di terza generazione, celle foto-elettrochimiche per la produzione di idrogeno molecolare e per la riduzione di CO₂. Celle a combustibile: processi agli elettrodi, trasporto di carica e di massa in materiali polimerici e ceramici innovativi. Batterie e accumulatori: batterie al litio-ione, litio-zolfo e al sodio-ione, limiti dei dispositivi attuali e sfide tecnologiche.</p>			
Contents			
<p>- Introduction The role of Physical Chemistry in modern Science and Technology. Molecules, Materials, Devices. The paradigm of energy conversion and efficiency.</p> <p>- Basics of computational chemistry Theory, models and simulations. Molecular mechanics and modeling of complex molecular systems. Ab initio methods and calculation of electronic properties of molecules and extended solid materials.</p> <p>- Chemical kinetics and catalysis Brief review of chemical thermodynamics. Introduction to chemical kinetics. Experimental and theoretical methods for the study of chemical reactivity. Steady-state theory. Homogeneous and heterogeneous catalysis. Electrocatalysis.</p> <p>- Physical Chemistry of renewable energies Current scenario of renewable energy technologies. Solar energy: third-generation photovoltaics, photoelectrochemical cells for hydrogen production and CO₂ reduction. Fuel cells: processes at the electrodes, charge and mass transport in state-of-the-art polymeric and ceramic materials. Batteries and (super)capacitors: Li-ion, Li-S and Na-ion batteries, limits of current devices and technological challenges.</p>			
Esami propedeutici: nessuno		Anno di corso: secondo	
Prerequisiti:			
<ul style="list-style-type: none"> - padroneggiare i contenuti dei corsi di Meccanica e Termodinamica ed Elettromagnetismo; - padroneggiare i contenuti del corso di Chimica. 			
Modalità di accertamento del profitto: esame orale			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

Insegnamento INTELLIGENZA COMPUTAZIONALE/ COMPUTATIONAL INTELLIGENCE			
SSD: INF/01	CFU: 6	Lezione: 20 ore	Esercitazione: 42 ore
Tipologia attività formativa: Scelta		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:			
<p>Il corso ha come obiettivo quello di fornire le basi teoriche e pratiche per la comprensione e realizzazione di algoritmi in grado di simulare le funzioni di organismi viventi e, in particolare, del cervello umano con particolare attenzione ai processi di apprendimento automatico, ottimizzazione evolutiva e ragionamento approssimato.</p> <p>Al termine del corso, lo studente sarà in grado di progettare sistemi basati su tecniche di intelligenza computazionale, implementare algoritmi per l'apprendimento automatico, l'ottimizzazione e il ragionamento approssimato con possibili applicazioni in diversi campi tra cui la robotica.</p>			
Programma sintetico:			
<p>Introduzione alla Cibernetica, all'Intelligenza Artificiale e alla Robotica. Fondamenti di Intelligenza Computazionale: Basi Biologiche per Reti Neurali, Calcolo Evolutivo, e Fuzzy logic. Tecniche di Apprendimento automatico e adattamento: supervisionato, non supervisionato e con rinforzo. Reti Neurali: topologie e algoritmi di apprendimento. Calcolo evolutivo: algoritmi genetici. Fuzzy logic: ragionamento approssimato e regole linguistiche. Applicazioni di Intelligenza computazionale in robotica.</p>			
Contents:			
<p>Introduction to Cybernetics, Artificial Intelligence and Robotics. Foundations of Computational Intelligence: Biological Basis for Neural Networks, Evolutionary Computation, and Fuzzy logic: learning and adaptation: supervised, unsupervised and with reinforcement. Neural Networks: topologies and learning algorithms. Evolutionary Computation: genetic algorithms. Fuzzy logic: approximate reasoning and linguistic rules. Computational Intelligence applications in robotics.</p>			
Esami propedeutici		Anno di corso: terzo	
Prerequisiti:			
<ul style="list-style-type: none"> - padroneggiare i contenuti del corso di Informatica - conoscenze di aspetti elementari della matematica 			
Modalità di accertamento del profitto: Prova pratica e colloquio orale			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

Insegnamento: SISTEMI DINAMICI/ DYNAMICAL SYSTEMS			
SSD: FIS/02	CFU: 6	Lezione: 32 ore	Esercitazione: 16 ore
Tipologia attività formativa: Scelta		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: Il corso punta a fornire conoscenze sui sistemi dinamici classici e le loro applicazioni con particolare riguardo ai sistemi integrabili e a quelli caotici, e alla transizione dai primi ai secondi tramite perturbazioni.			
Programma sintetico Sistemi dinamici discreti, aspetti analitici e numerici. Mappa Logistica e altri esempi di sistemi caotici deterministici. Caos. Sistemi dinamici continui a dimensione finita. Sistemi integrabili, variabili azione angolo. Riduzione dei sistemi integrali e mappa del momento. Teoria di Kolmogorov-Arnold-Moser e transizione al caos. Sistemi con noise. Cenni sui sistemi dinamici a infinite dimensioni, campi. Soluzioni solitoniche.			
Contents Discrete Dynamical Systems, numerical and analytical aspects. Logistic Map and other examples of deterministic chaotic systems. Finite dimensional continuous dynamical systems. Integrable systems, action/angle variables. Reduction of integrable systems and momentum map. Kolmogorov-Arnold-Moser theorem and transition to chaos. Systems with Noise Elements of infinite dimensional dynamical systems. Solitonic solutions.			
Esami propedeutici		Anno di corso: secondo	
Prerequisiti: - padroneggiare i contenuti del corso di Analisi Matematica 1; - padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica;			
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

Insegnamento: COMPLEMENTI Di FISICA MATEMATICA / COMPLEMENTS OF MATHEMATICAL PHYSICS			
SSD: MAT/07	CFU: 6	Lezione: 32 ore	Esercitazione: 16 ore
Tipologia attività formativa: scelta		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:			
<p>Acquisizione di adeguate competenze nella formulazione matematica della meccanica analitica e della relatività ristretta mediante metodi geometrici, nonché nella formulazione dei modelli impiegati nell'analisi dei sistemi continui deformabili con particolare riguardo ai fluidi perfetti. Alla fine del corso lo studente sarà capace di applicare le conoscenze e le competenze acquisite risolvendo semplici problemi legati agli argomenti trattati.</p>			
Programma sintetico:			
<p>Elementi di algebra tensoriale, calcolo differenziale e geometria differenziale. Formulazione geometrica della dinamica lagrangiana. Principio di Maupertuis. Equazioni di Lagrange e fibrato tangente. Trasformata di Legendre. Campi hamiltoniani.</p> <p>Introduzione alla relatività ristretta. Relatività galileiana. Il principio di isotropia ottica. Trasformazioni di Lorentz. Covarianza delle equazioni di Maxwell. Dinamica relativistica. Spazio-tempo di Minkowski. Equazione quadridimensionale del moto. Formulazione tensoriale dell'elettromagnetismo nel vuoto.</p> <p>Introduzione alla meccanica dei continui. Cinematica di un sistema continuo. Leggi integrali di bilancio. Equazioni di Eulero per i fluidi perfetti. Statica e dinamica di un fluido perfetto. Moti piani stazionari e irrotazionali di un fluido perfetto. Paradosso di D'Alembert e teorema di Kutta-Joukowski. Onde in un gas perfetto</p>			
Contents			
<p>Introduction to tensor algebra, differential calculus, and differential geometry. Geometric formulation of lagrangian dynamics. Maupertuis' principle. Lagrange's equations and fiber bundle. Legendre's transformation. Hamiltonian vector fields.</p> <p>An introduction to special relativity. Galilean relativity. Optical isotropy principle. Lorentz's transformations Covariance of Maxwell's equations. relativistic dynamics. Minkowski's space-time. Four-dimensional equation of motion. Tensor formulation of electromagnetism in vacuum.</p> <p>Introduction to continuum mechanics. Kinematics of a continuum system. Integral balance laws. Euler's equations of a perfect fluid. Statics and dynamics of a perfect fluid. Two-dimensional irrotational steady flow of a perfect fluid. D'Alembert's paradox and the Kutta-Joukowski theorem. Waves in perfect gas</p>			
Esami propedeutici:		Anno di corso: terzo	
Prerequisiti: padroneggiare i contenuti dei corsi di Analisi Matematica 1-2, Geometria e Meccanica Analitica			
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

Insegnamento: ELEMENTI DI ASTROFISICA / ELEMENTS OF ASTROPHYSICS			
SSD: FIS/05	CFU: 6	Lezione: 32 ore	Esercitazione: 16 ore
Tipologia attività formativa: Scelta		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:			
<p>Il corso intende, innanzitutto, mostrare allo studente come le nozioni di Fisica elementare acquisite nei primi anni del corso di studi possano essere applicate in un contesto altamente interdisciplinare quale è quello astrofisico. In secondo luogo, il corso intende fornire agli studenti una conoscenza introduttiva della fenomenologia degli oggetti celesti e utilizzare tale fenomenologia per indurli ad una riflessione critica sui fondamenti della nostra conoscenza del cosmo.</p>			
Programma sintetico:			
<p>Il corso prevede lezioni frontali. Origine e ruolo dell'astrofisica. Definizione operativa di alcune grandezze fisiche. Rapporto tra esperimenti- osservazioni-simulazioni. I portatori d'informazione. Origine e natura di alcune unità di misura usate in astronomia e astrofisica. Cenni di fotometria: magnitudini. Moti propri stellari e effetto Doppler classico. Misura delle distanze cosmiche. Scala delle distanze. La legge di gravitazione universale e le sue applicazioni: il problema dei due corpi e le leggi di Keplero, teoremi di Newton e teorema del Viriale vettoriale. Le maree e la teoria di Roche. Risonanze planetarie. Il problema degli anelli di Saturno. Le masse planetarie e stellari. Cenni in approssimazione classica sul lensing gravitazionale. Classificazione spettrale e cenni di fotometria stellare. Emissione di Corpo Nero e sue leggi. Emissione di oggetti celesti nei differenti domini spettrali. Il bilanciamento energetico nelle atmosfere planetarie e stellari. La formazione delle righe spettrali, classificazione spettrale delle stelle. Il diagramma di Hertzsprung-Russell; la relazione massa luminosità. Elementi di evoluzione stellare: equazioni di struttura e modelli politropici. Fonti di energia stellare.</p>			
Contents:			
<p>The course is structured in lectures. Origin and role of Astrophysics. Operational definition of some physical quantities. Relation among experiments, observations and simulations. The information carriers. Origin and nature of some units commonly used in Astronomy and in Astrophysics. Elements of photometry: magnitudes and color indexes. Proper motions and classical Doppler effect. The cosmic distance scale. The Gravitation law and some applications. The two bodies problem and Kepler's laws, Newton's theorem and Virial Theorem. Tides and Roche theory. Planetary resonances. The problem of Saturn's rings. Planetary and stellar masses. Classical theory of gravitational lensing. Spectral classification and elements of stellar photometry. Black body emission and related laws. Panchromatic emission from celestial objects. The Energy budget of planetary and stellar atmospheres. Formation of spectral lines and spectral classification of stars. The H-R diagram and the mass-luminosity relation. Color-magnitude diagrams. Elements of stellar evolution: equations of structure and polytropic models. Sources of stellar Energy.</p>			
Esami propedeutici: nessuno		Anno di corso: terzo	
Prerequisiti:			
<ul style="list-style-type: none"> - padroneggiare i contenuti del corso di Analisi Matematica 1 - padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica; - padroneggiare i contenuti del corso di Elettromagnetismo, Onde e Ottica 			
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

SSD: FIS/07	CFU: 6	Lezione: 32 ore	Esercitazione: 16 ore
Tipologia attività formativa: Scelta		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:			
<p>Il corso si propone di fornire allo studente nozioni di base sui principali processi alla base della vita cellulare ed illustrare meccanismi biofisici tramite cui l'informazione genetica è preservata, trascritta e trasmessa; particolare enfasi viene posta sulla comprensione della risposta a livello biomolecolare ad alterazioni spontanee o endogene introducendo lo studente all'approfondimento delle tematiche inerenti all'esposizione umana alla radiazione ionizzante ed alle sue applicazioni in campo biomedico</p>			
Programma sintetico:			
<p>Modellizzazione di sistemi biologici. Gli elementi chimici della vita: composizione elementare e molecolare delle cellule. Macromolecole: struttura, forma e informazione. Struttura e proprietà chimico-fisiche degli acidi nucleici, dei polipeptidi e delle membrane biologiche. Meccanismi genetici di base. Meccanismi di riparo del DNA ed aberrazioni cromosomiche. Telomeri e loro ruolo nella senescenza cellulare. Preparazione e caratterizzazione biofisica di singole cellule: isolamento e crescita in coltura; tecniche di piastraggio, clonaggio e conteggio; curve di crescita. Conoscenze di base delle principali tecniche di analisi biomacromolecole (tecniche elettroforetiche, radioisotopiche e di ibridazione molecolare).</p>			
Contents:			
<p>Modelization of biological systems: The chemical constituents of Life: elemental and molecular composition of living cells. Biomacromolecules: structure, shape and carried information. Structure and chemical-physical properties of nucleic acids, polypeptides and biological membranes. Basic mechanisms underlying genetical information inheritance. Maintenance of DNA integrity: Main repair mechanisms and chromosome aberrations from genotoxic as well as endogenous sources. Telomeres and their role in cellular senescence. Establishment and biophysical characterization of single cells: isolation of cell lines. Plating, counting and cloning of cells in vitro. Growth curves. Overview of the main analytical techniques of relevance for the characterization of biomacromolecules (e.g. electrophoresis, radioisotope use, molecular hybridization)</p>			
Esami propedeutici: nessuno		Anno di corso: terzo	
Prerequisiti:			
<ul style="list-style-type: none"> - padroneggiare i contenuti dei corsi di Meccanica e Termodinamica, Elettromagnetismo; - padroneggiare i contenuti del corso di Chimica; 			
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

Insegnamento: ELEMENTI DI FISICA DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI/

SSD: FIS/04	CFU: 6	Lezione: 32 ore	Esercitazione: 16 ore
Tipologia attività formativa: Scelta		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:			
<p>I corso si propone di fornire allo studente nozioni di base sulla misura delle radiazioni ionizzanti e dei relativi effetti nell'interazione con la materia, sia nel campo della ricerca di base che della fisica applicata. Verranno introdotte le principali tecniche di rivelazione e analisi delle radiazioni e dei radioisotopi con metodi radiometrici e non, sia per la sorveglianza ambientale che per la metrologia delle radiazioni ionizzanti. Saranno presentate alcune delle tecniche di analisi non distruttiva con fasci di ioni per lo studio e la caratterizzazione dei materiali.</p>			
Programma sintetico			
<p>Il decadimento radioattivo e la misura dei parametri che lo caratterizzano (intensità, attività, vita media). Le sorgenti di radiazioni e i vari tipi di trasformazione radioattiva. Trasformazioni successive. Equilibrio Radioattivo. Interazione delle radiazioni con la materia. Danneggiamento stocastico e non-stocastico. Radiazioni direttamente e indirettamente ionizzanti. Principali tecniche di rivelazione. Dose: definizione e misura delle principali grandezze dosimetriche. Produzione e rivelazione di raggi x, beta, gamma e neutroni. Fasci di ioni e cenni alle loro applicazioni. Sorgenti radioattive artificiali e naturali nell'ambiente; problemi connessi. Il caso del radon. Principali tecniche di monitoraggio ambientale. Misure in campo e tecniche di campionamento. Analisi elementale. Spettrometria di massa e spettrometria di massa ultrasensibile con acceleratore (AMS). Tecniche di analisi non distruttiva con fasci di ioni (Ion beam Analysis).</p>			
Contents			
<p>The radioactive decay and the measurement of its characteristic parameters (intensity, activity, lifetime). The radioactive sources and the different kinds of radioactivity. Radioactive equilibrium. Interaction of radiation with matter. Stochastic and non stochastic radiation damage. Directly and indirectly ionizing radiations. Main detection techniques. The dose: definition and measurement of the main dosimetric quantities. Production and detection of X, Beta and Gamma rays and neutrons. Ions beams and their application. Artificial and natural radioactive sources in the environment. The radon case. Main techniques of environmental monitoring. Sampling techniques. Mass spectrometry. Non destructive Ion beam analysis.</p>			
Esami propedeutici		Anno di corso: terzo	
Prerequisiti:			
<ul style="list-style-type: none"> - padroneggiare i contenuti dei corsi di Meccanica e Termodinamica, Elettromagnetismo, Onde e Ottica; - padroneggiare i contenuti del corso di Istituzioni di Meccanica Quantistica; 			
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

SSD: FIS/06	CFU: 6	Lezione: 34 ore	Esercitazione: 14 ore
Tipologia attività formativa: Scelta		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:			
<p>Il corso ha lo scopo di introdurre i fondamenti fisici delle metodologie con cui studi l'interno della Terra. Queste metodologie spaziano dalla meccanica alla termodinamica all'elettromagnetismo.</p> <p>Lo studente dovrà dimostrare di conoscere gli argomenti, avere familiarità con la fenomenologia ed i processi, di sapere affrontare gli argomenti proposti durante la prova di esame formulando ipotesi e approssimazioni, discutendo le soluzioni e verificando la coerenza delle approssimazioni con i dati fenomenologici/sperimentali.</p>			
Programma sintetico:			
<p>Tettonica delle placche: elementi fondamentali e descrizione cinematica. Il campo gravitazionale terrestre: la misura dell'accelerazione di gravità, la forma della Terra, distribuzione della densità all'interno del pianeta, isostasia. La sismologia: propagazione delle onde elastiche e teoria del raggio, sismometria, caratterizzazione di un terremoto, modelli di Terra monodimensionali, la struttura della Terra. Bilancio termico del pianeta, modelli di flusso geotermico, la convezione nel mantello e implicazioni per la tettonica. Il campo magnetico terrestre: descrizione del campo, rappresentazione e studio della sua generazione.</p>			
Contents:			
<p>Plate tectonics: fundamentals and kinematic description. Gravitational field: measurement of gravity acceleration, the shape of the Earth, density distribution inside the planet, isostasy. Seismology: elastic wave propagation and ray theory, seismometry, earthquake seismology, reference Earth models, structure of the planet. Thermal budget, geothermal heat flux models, mantle convection and tectonic implications. The Earth magnetic field: description, representation and study of its sources.</p>			
Esami propedeutici: nessuno		Anno di corso: terzo	
Prerequisiti:			
<ul style="list-style-type: none"> - padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica; - padroneggiare i contenuti del corso di Elettromagnetismo; 			
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

SSD: FIS/02	CFU: 6	Lezione: 32 ore	Esercitazione: 16 ore
Tipologia attività formativa: Scelta		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:			
<p>Questo corso è un'introduzione ai concetti di base della Meccanica Statistica con lo scopo di presentare in maniera coerente e unitaria, partendo da principi fondamentali, le sue applicazioni in particolare ai sistemi di particelle <i>non interagenti</i>, come gas classici e quantistici (Termodinamica, distribuzioni di Bose-Einstein, Fermi-Dirac).</p> <p>Sono discussi importanti esempi di applicazioni attuali nel mondo della scienza e delle tecnologie d'avanguardia, dalla Fisica ai Metodi Computazionali, alla Finanza fino alla Biologia Quantitativa, anche per evidenziare la varietà di sbocchi professionali in ambito internazionale.</p>			
Programma sintetico:			
<p>a) concetti di base della Teoria della Probabilità e della Statistica e applicazioni come, opzionali, processi stocastici, catene di Markov, tecniche bayesiane, etc.;</p> <p>b) introduzione ai principi della Meccanica Statistica (ipotesi ergodica, massimo entropia, etc.), agli insiemi statistici (come Micro-, Gran- e Canonico), agli strumenti concettuali di calcolo (funzione di partizione, trasformazioni di Legendre e Laplace, potenziali) e applicazioni (Teorema del Viriale, Equipartizione dell'Energia, Relazioni Fluttuazione-Dissipazione, etc.);</p> <p>c) applicazioni ai gas ideali classici, equazioni di stato, distribuzioni di Maxwell-Boltzmann, formula barometrica, sistemi a due livelli, gas reticolari e sistemi di spin indipendenti, oscillatori armonici; applicazioni di base alla Finanza e alla Biologia Quantitativa;</p> <p>d) derivazione della Termodinamica dai principi primi della Meccanica Statistica (leggi della termodinamica, variabili di stato, equazioni di stato, potenziali termodinamici, equazione di Gibbs-Duhem, etc.) e implicazioni (p.es. la freccia del tempo);</p> <p>e) Meccanica Statistica Quantistica (formalismo di von Neumann), sue applicazioni (distribuzioni di Bose-Einstein e Fermi-Dirac) e limite classico (paradosso di Gibbs). Applicazioni ai sistemi di particelle non-interagenti non-relativistiche e relativistiche, come per esempio, fotoni e teoria di Planck del corpo nero, radiazione di fondo, fononi di Debye e eccitazioni nei solidi, condensazioni di Bose-Einstein, elettroni di conduzione di Sommerfeld nei metalli, stelle di neutroni, etc.;</p> <p>f) tecniche di calcolo e simulazione al computer, dai metodi agli elementi finiti (Dinamica Molecolare) al Monte Carlo e, opzionale, al Simulated Annealing, ai fondamenti degli algoritmi statistici di Machine Learning; teoria dei network.</p>			
Contents:			
<p>a) basic concepts of Probability Theory and Statistics and their applications such as, optionally, stochastic processes, Markov chains, Bayesian techniques, etc.;</p> <p>b) introduction to the principles of Statistical Mechanics (ergodic hypothesis, maximum entropy, etc.), to statistical ensembles (such as Micro-, Gran- and Canonic), to the conceptual tools of calculation (partition function, Legendre and Laplace transformations, potentials) and applications (Viral Theorem, Energy Equipartition, Fluctuation-Dissipation Relations, etc.);</p> <p>c) applications to classical ideal gases, state equations, Maxwell-Boltzmann distributions, barometric formula, two-level systems, lattice gases and independent spin systems, harmonic oscillators; basic applications to Quantitative Finance and Biology;</p> <p>d) derivation of Thermodynamics from the first principles of Statistical Mechanics (laws of thermodynamics, state variables, equations of state, thermodynamic potentials, Gibbs-Duhem equation, etc.) and implications (e.g. the arrow of time);</p> <p>e) Quantum Statistical Mechanics (von Neumann approach), its applications (Bose-Einstein and Fermi-Dirac distributions) and classical limit (Gibbs paradox). Applications to non-relativistic and relativistic non-interacting particle systems, such as photons and Planck black body theory, background radiation, Debye phonons and excitations in solids, Bose-Einstein condensation, Sommerfeld conduction electrons in metals, neutron stars, etc.;</p> <p>f) computational techniques of calculation and simulation, from finite element methods (Molecular Dynamics) to Monte Carlo and, optionally, Simulated Annealing, the foundations of Machine Learning statistical algorithms; network theory.</p>			
Esami propedeutici		Anno di corso: terzo	
Prerequisiti:			
<p>- padroneggiare i contenuti dei corsi di Meccanica e Termodinamica, Elettromagnetismo, Onde e Ottica</p> <p>- padroneggiare i contenuti del corso di Istituzioni di Meccanica Quantistica</p>			
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

Insegnamento: ELEMENTI di RELATIVITA' E COSMOLOGIA / ELEMENTS OF RELATIVITY AND COSMOLOGY			
Settori Scientifico - Disciplinari: FIS/05 - FIS/02-MAT07	CFU: 6	Lezione: 32 ore	Esercitazione: 16 ore
Tipologia attività formativa: scelta		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi: Il corso è rivolto a studenti dei corsi di laurea triennale in Fisica e Matematica che conoscono l'analisi matematica e la fisica generale classica. Intende essere un corso a scelta complementare ai corsi di Fisica Moderna ed Elementi di Astrofisica.			
<p>Programma Sintetico:</p> <p><i>Parte I:</i> La gravitazione di Newton. Introduzione ai metodi classici della meccanica celeste. Sistemi di coordinate celesti. Il moto planetario. Il problema di Keplero. Gli elementi orbitali. Teoria del potenziale. Determinazione delle orbite.</p> <p><i>Parte II:</i> La Relatività Ristretta: Trasformazioni di Lorentz. Dilatazione del tempo. Effetto Doppler. Contrazione delle lunghezze. La Relatività Generale: Principio di Equivalenza. La metrica. Le geodetiche. Curvatura dello spazio tempo. Cenni alle equazioni di Einstein. Precessione al perielio, lensing gravitazionale, redshift gravitazionale. Il collasso gravitazionale. I buchi neri. Le onde gravitazionali.</p> <p><i>Parte III:</i> Il concetto di modello cosmologico. Legge di Hubble ed espansione dell'Universo. Equazioni cosmologiche. La costante cosmologica. La scala delle distanze cosmologiche. Cosmologia osservativa. I problemi della materia oscura e dell'energia oscura.</p> <p>Contents:</p> <p><i>Part I (Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy,):</i> Newton's gravity. Introduction to classical methods of celestial mechanics. Celestial Coordinate Systems. The planetary motion. The Kepler problem. Orbital elements. Potential theory. Determination of orbits.</p> <p><i>Part II (Gravitation and Relativity):</i> Special Relativity: Lorentz's Transformations. Dilation of time. Doppler effect. Length's contraction. General Relativity: Principle of Equivalence. The metric. Geodesics. Spacetime curvature. Einstein's equations. Perihelion precession, gravitational lensing, gravitational redshift The gravitational collapse. Black holes. The gravitational waves.</p> <p><i>Part III (Cosmology):</i> The concept of a cosmological model. Hubble Law and Universe Expansion. Cosmological equations. The cosmological constant. The scale of cosmological distances. Observational cosmology. The problems of dark matter and dark energy.</p>			
Esami propedeutici:		Anno di corso: terzo	
Prerequisiti:			
<ul style="list-style-type: none"> - padroneggiare i contenuti dei corsi di Analisi Matematica 1 e 2 - padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica; - padroneggiare i contenuti del corso di Elettromagnetismo e Ottica; 			
Modalità di accertamento del profitto: Esame scritto e/o orale.			

SSD: FIS/01	CFU: 6	Lezione: 18 ore	Esercitazione: 30 ore
Tipologia attività formativa: scelta		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:			
<p>Il corso di propone di fornire le conoscenze di base per sviluppare sistemi di lettura di strumentazione di laboratorio e di acquisizione dati, basato su ambienti di programmazione sia testuali sia visuali (per es. Matlab, LabView), con librerie avanzate di analisi e di grafica. Il corso fornisce inoltre una introduzione di base ai sistemi basati su microprocessori e microcontrollori, orientati ad applicazioni di controllo ed acquisizione dati, approfondendo aspetti hardware e software affrontati nei corsi di informatica di base.</p> <p>Il corso si articola in lezioni frontali ed esercitazioni di laboratorio indirizzate allo sviluppo di un semplice sistema di acquisizione dati.</p>			
Programma sintetico:			
Microprocessori e microcontrollori			
Architettura di un microprocessore. Sistemi basati su microprocessore. Anatomia di un microcontrollore. Anatomia di un microcomputer. Tecniche di programmazione. Sviluppo di semplici applicativi per acquisizione dati			
Ambienti di sviluppo per Acquisizione dati			
Ambienti grafici: l'ambiente di programmazione LabView			
Ambienti testuali: l'ambiente di programmazione di Arduino, l'ambiente di programmazione Matlab per acquisizione dati, Python.			
Sviluppo di un sistema di lettura di uno strumento di laboratorio			
Analisi dati e grafica (Matlab, Python): analisi dati nel dominio del tempo, analisi dati nel dominio delle frequenze			
Contents			
Microprocessor and microcontrollers			
Microprocessor architecture. Systems based on microprocessors. Microcontroller anatomy. Microcomputer Anatomy. Programming techniques. Development of simple software for data acquisition.			
Development environments for data acquisition			
Graphical environments: the LabView programming			
Text environments: Arduino, Matlab and Python			
Development of a readout system for an instrument.			
Graphical data analysis: time domain and frequency domain analysis			
Esami propedeutici: nessuno		Anno di corso: terzo	
Prerequisiti: conoscenza di un linguaggio di programmazione			
Modalità di accertamento del profitto: esame orale			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

SSD: FIS/08	CFU: 6	Lezione: 42 ore	Esercitazione: 6
Tipologia attività formativa: Scelta		Durata del corso: semestrale	
Obiettivi formativi e risultati dell'apprendimento attesi:			
<p>La <i>finalità</i> del corso è quella di integrare criticamente, attraverso percorsi storici, aspetti fondamentali della fisica classica e moderna studiata durante i corsi del Triennio con le indicazioni relative all'analisi storica.</p> <p>Gli <i>obiettivi cognitivi</i> che si vogliono raggiungere sono le conoscenze storico-critiche di alcune tematiche fisiche studiate dal punto di vista positivo e curricolare.</p> <p>Le competenze da acquisire riguardano la strutturazione di un quadro storico impostato sullo sviluppo delle idee fisiche. Il corso intende inoltre fornire lo studente dei metodi di indirizzo della Storia della Fisica necessari alla comprensione delle modalità della ricerca nel settore. Lo studente sarà guidato nell'applicazione delle proprie conoscenze, parteciperà ad attività (visite al Museo di Fisica dell'Ateneo, ricostruzioni illustrative di esperimenti storici) per acquisire familiarità con le metodologie esposte.</p>			
Programma sintetico:			
<p>Il corso intende presentare le principali idee e i maggiori scienziati che hanno dato origine alla scienza moderna. Il programma è diviso in due moduli. Il primo modulo parte dalla rivoluzione scientifica del Rinascimento. Dopo un breve accenno all'opera di Copernico e Keplero, si analizzano le ricerche condotte da Galilei, Descartes e Newton.</p> <p>Il secondo modulo prende in esame le indagini teoriche e sperimentali che a partire dal Settecento portarono all'analisi dei fenomeni elettrici e magnetici e nell'Ottocento all'individuazione del carattere universale dell'interazione elettromagnetica.</p> <p>Particolare risalto è dato alla storia del concetto di Etere e Campo, e ai lavori di Aepinus, Coulomb, Poisson, Ampère, Faraday, Maxwell e Lorentz.</p> <p>Ciascuna lezione ha di norma la durata di due ore, o in casi particolari di quattro ore. La metodologia didattica adottata è quella della ricostruzione storico-critica degli aspetti teorici e sperimentali, anche mediante lettura e commento di testi originali o di importanti articoli di storici della Fisica</p>			
Contents:			
<p>Aim of the Course is to present the main ideas and scientists who gave rise to modern science. The Contents are divided in two parts.</p> <p>The first part starts from the scientific revolution of the Renaissance. After a short account of the work of Copernicus and Kepler, the works of Galileo, Descartes and Newton are discussed.</p> <p>The second part is devoted to reconstruct the theoretical and experimental inquiries of the electric and magnetic phenomena which led to discover, during the XVIII and XIX centuries, the universal character of the electro-magnetic interaction.</p> <p>The history of the concepts of Aether and Field, as well as the works of Aepinus, Coulomb, Poisson, Ampère, Faraday, Maxwell e Lorentz, are particularly emphasized.</p> <p>Each lecture lasts two hours, or four hours in particular cases. Teaching methodology:</p> <p>Historical-critical reconstruction of theoretical and experimental aspects, even through reading and commenting of original texts or important papers of historians of Physics.</p>			
Esami propedeutici: nessuno		Anno di corso: terzo	
Prerequisiti:			
<ul style="list-style-type: none"> - padroneggiare i contenuti del corso di Meccanica e Termodinamica; - padroneggiare i contenuti del corso di Elettromagnetismo, Onde e Ottica; - conoscere i principali contenuti del corso di Istituzioni di Meccanica Quantistica. 			
Modalità di accertamento del profitto: Esame orale			
Materiale didattico: Libri di testo, Sussidi didattici sul sito web-docenti			

Allegato C

Prova finale

La CCD stabilisce le modalità di svolgimento dell'esame di laurea in Fisica che consiste nella discussione dinanzi a una Commissione all'uopo nominata, di un elaborato scritto, su un argomento proposto dal relatore e svolto dallo studente in modo autonomo con la guida del relatore.

L'elaborato è una relazione su un'applicazione di metodi teorici e/o sperimentali a un problema specifico. Il lavoro di tesi è anche finalizzato all'acquisizione di abilità riguardanti la comunicazione, la diffusione e il reperimento delle informazioni scientifiche, anche con metodi bibliografici, informatici e telematici.

Al termine della discussione la Commissione valuta la prova esprimendo un voto di laurea in cento-decimi che tiene conto anche della carriera universitaria del candidato.

Qualora il voto di laurea non sia inferiore a 110 la Commissione può attribuire allo studente la distinzione della lode.

Modalità per la richiesta e l'assegnazione della tesi di Laurea

Lo studente che abbia acquisito almeno 130 CFU deve presentare la richiesta di assegnazione tesi, su apposito modulo, alla Segreteria Didattica del Dipartimento di Fisica indicando l'argomento ed, eventualmente, il nome del relatore. Situazioni particolari, che non abbiano questi requisiti, saranno valutate caso per caso. La Segreteria della CCD procede all'approvazione della richiesta e alla designazione del Relatore, il quale dovrà seguire, sotto la sua responsabilità, il lavoro del laureando, con particolare riguardo alla stesura della relazione finale.

Norme per l'ammissione all'esame

È ammesso all'esame di laurea, lo studente che ha conseguito tutti i 177 crediti del vigente Regolamento del Corso di Laurea in Fisica.

Oltre a compiere gli adempimenti comuni per i laureandi di tutti i corsi di laurea, quali la domanda e la prenotazione presso la Segreteria Studenti dell'Area di Scienze della Scuola Politecnica e delle Scienze di Base, i laureandi in Fisica devono prenotarsi e consegnare l'elaborato di tesi (in copia cartacea ed eventualmente come file PDF su supporto opportuno), entro la data che sarà comunicata nella Guida dello Studente, presso la Segreteria Didattica del Dipartimento di Fisica, Complesso Universitario di Monte S. Angelo.