

# Guida



Laurea in Fisica  
A.A. 2007-2008

## Finalità del corso

Le ricerche nel campo della fisica, ma soprattutto il metodo scientifico di indagine utilizzato da tutti i fisici per la soluzione dei problemi, hanno dato forte impulso al progresso scientifico e hanno altresì consentito un notevole avanzamento tecnologico.

Tale metodo è strutturato in maniera tale che, partendo dall'osservazione accurata e riproducibile del fenomeno in studio, attraverso la schematizzazione, l'enucleazione dei fatti fondamentali e la costruzione di un modello del fenomeno in esame, si giunga alla risoluzione formale del modello ed infine alla verifica sperimentale dell'effettiva coerenza o meno fra il modello introdotto e il fenomeno esaminato.

Ciò richiede, da una parte, buone conoscenze teoriche nel campo della fisica e della matematica, nonché capacità di sintesi e di logica, dall'altra padronanza di tecniche di laboratorio e di analisi dati.

Compito del Corso di Studio, mediante l'insegnamento teorico e gli esperimenti pratici in laboratorio, è appunto di aiutare gli studenti a sviluppare e migliorare questa corretta attitudine mentale.

La preparazione dei laureati in fisica provenienti dalla Scuola Pisana, che vanta una tradizione di eccellenza nazionale ed internazionale, ampiamente riconosciuta sia in ambito accademico sia nel mondo del lavoro, è sempre stata di livello molto elevato, ed ha sempre assicurato una facile collocazione nel mondo del lavoro, coerente con il proprio percorso universitario e le attitudini personali.

## Obiettivi formativi

Il Corso di Laurea in Fisica si propone la formazione di laureati con le seguenti conoscenze e capacità:

\* solida conoscenza della fisica classica e della fisica moderna nonché di elementi di chimica, che permettano, da un lato un rapido inserimento nel mondo del lavoro, dall'altro il proseguimento degli studi con le Lauree Specialistiche e i Corsi di Dottorato. Le conoscenze e competenze acquisite dovranno d'altronde consentire l'accesso alle Scuole di Specializzazione, inclusa quella dedicata alla formazione degli insegnanti.

Gli studenti motivati, mediante la struttura temporale e logica del triennio, sono in grado di poter seguire ulteriori insegnamenti, acquisendone i relativi crediti e anticipando in tale modo corsi validi ai fini del conseguimento di una eventuale successiva Laurea Specialistica nella classe di Fisica o in classi contigue;

\* padronanza dei metodi matematici, sia in relazione alle loro applicazioni in ambito fisico, sia in qualità di strumento generale di modellizzazione e di analisi di sistemi;

\* conoscenza operativa dei moderni strumenti di laboratorio e delle tecniche di acquisizione ed elaborazione dei dati sperimentali

\* padronanza di una seconda lingua, oltre all'italiano, per una più proficua interazione internazionale in ambito accademico-scientifico e lavorativo;

\* conoscenza di base e operativa dei sistemi informatici e di calcolo automatico, e della loro utilizzazione nella soluzione di problemi di fisica e nella modellizzazione di sistemi;

\* capacità di gestire, autonomamente e/o in team, la propria attività in maniera efficiente ed efficace.

## Struttura Didattica

Le attività formative del Corso di Laurea in Fisica sono articolate in tre Curricula: Fisica Generale; Tecnologie Fisiche; Fisica dei Materiali, i quali intendono orientare gli obiettivi formativi comuni verso indirizzi professionali diversi.

Il Curriculum di Fisica Generale corrisponde al percorso classico, garantisce tutti i requisiti per affrontare, senza alcun debito formativo, le successive Lauree Specialistiche, in particolar modo quella in Scienze Fisiche ed i relativi indirizzi. È strutturato, in particolare, per chi pensa di proseguire gli studi nel Dottorato e intraprendere la carriera di Ricercatore

Il Curriculum in Tecnologie Fisiche intende formare persone capaci di applicare il metodo fisico alla soluzione di problemi concreti, in ambito economico, industriale e commerciale. In particolare, gli studenti imparano ad utilizzare gli strumenti di misura, e applicano le conoscenze acquisite in settori multidisciplinari, quali l'acustica ambientale, i processi industriali e la medicina. Prepara in modo ottimale alla Laurea Specialistica in Fisica Applicata.

Il Curriculum di Fisica dei Materiali ha lo scopo di formare laureati in grado di svolgere sia attività di ricerca, sviluppo e controllo nei laboratori e nelle industrie manifatturiere, sia di management delle problematiche relative alla produzione, alle prestazioni e all'applicazione dei materiali innovativi. Tali conoscenze permettono la preparazione e la progettazione di nuovi materiali con proprietà predeterminate, il miglioramento delle proprietà esistenti, e la certificazione di materiali di nuova produzione. Consente l'accesso, senza alcun debito formativo, alla Laurea Specialistica in Scienza dei Materiali.

L'attività didattica, suddivisa in semestri, comprende lezioni, esercitazioni ed esperienze in laboratorio.

Prove in itinere (altrimenti dette *compitini*) consentiranno la verifica dell'apprendimento degli studenti.

Superati gli esami previsti dal proprio percorso formativo, per ottenere la Laurea, lo studente dovrà discutere un elaborato finale.

## Sbocchi occupazionali

Appartengono al campo delle scienze fisiche alcuni settori emergenti quali, a titolo esemplificativo:

Il settore costituito dall'industria e dal terziario e da quello commerciale scientifico, in cui il fisico può dedicarsi a:

- attività tecnologica nell'industria elettronica
- prove di affidabilità nell'industria aeronautica e spaziale
- diagnostica dello stato di conservazione di beni culturali
- analisi di materiali culturali (datazione, composizione, ecc.)
- diagnostica medica non invasiva
- sistemi di acquisizione, elaborazione e modellizzazione di dati ambientali
- tecnico commerciale e tecnico di assistenza

Il settore delle nuove tecnologie dell'informazione e della telecomunicazione, caratterizzato dalle seguenti figure professionali:

- esperto di strumentazione di misure elettroniche
- esperto in sistemi di controllo per l'acquisizione e l'analisi delle immagini e nelle tecniche di programmazione multimediale
- esperto nell'interfacciamento con strumenti di misura

- esperto in software per la gestione di reti di calcolatori
- esperto in misure fisiche e tecniche informatiche utilizzabili a fini applicativi
- progettista di simulazioni del comportamento di sistemi complessi
- collaboratore tecnico nei laboratori di ricerca e sviluppo industriale

Il settore costituito dall'astronomia e dall'astrofisica con possibili sbocchi in:

- osservatori astronomici
- enti di ricerca spaziale
- agenzie spaziali (es: Asi - Agenzia spaziale italiana; ESA - European Space Agency)
- laboratori di ottica, criogenia, elettronica per sviluppare prototipi

Il settore dell'ambiente e del territorio in cui i fisici si occupano di:

- protezione del territorio da rischi idrogeologici e sismici
- radioprotezione (umana, ambientale e delle cose)
- meteorologia a livello nazionale e/o locale

Il settore dei nuovi materiali in industrie ad alto contenuto tecnologico (es: industria elettronica e microelettronica, telecomunicazioni, industria elettromeccanica, industria di lavorazione dei materiali polimerici, industria ceramica e del vetro, industria chimica, conservazione e restauro dei beni culturali, dispositivi elettronici e optoelettronici, apparecchiature bio-medicali). I fisici operano in particolare nei laboratori di ricerca, di controllo, certificazione ed analisi e nella produzione e applicazione dei materiali avanzati nei settori della sensoristica e della registrazione magnetica.

## ORGANI DI GESTIONE DEL CORSO DI LAUREA

### Consiglio

Il Consiglio dei Corsi di Studio delle Classi di Fisica è l'organo con poteri decisionali preposto alla gestione e all'organizzazione della didattica. Il Consiglio è composto dai titolari dei corsi d'insegnamento, dai ricercatori che svolgono la loro attività istituzionale nell'ambito dei corsi di studio in fisica, dal coordinatore didattico e dai rappresentanti degli studenti. Il Consiglio è convocato e presieduto dal Presidente di Corso di Laurea, il quale ha funzioni di iniziativa e di promozione nell'ambito dei corsi di studio, può adottare provvedimenti d'urgenza su argomenti di competenza del Consiglio, e assicura il regolare svolgimento delle attività didattiche.

### Commissione Didattica Paritetica

La Commissione Didattica Paritetica coordina la gestione dell'attività didattica dei corsi di studio in Fisica e verifica periodicamente la qualità dell'erogazione della didattica.

## OFFERTA DIDATTICA

### Curricula

Nel corso di Laurea in Fisica sono previsti tre curricula: **Fisica Generale (FG)**, **Fisica dei Materiali (FM)** e **Tecnologie Fisiche (TF)**. Il curriculum di **TF** si divide a sua volta in quattro indirizzi, corrispondenti ai curricula della Laurea Specialistica in Fisica Applicata:

- a) indirizzo in Fisica per l'Ambiente (TF-Amb)

- b) indirizzo in Fisica Medica (TF-Med)

- c) indirizzo in Fisica delle Comunicazioni Fotoniche (TF-Fot)

- d) indirizzo in Strumentazione Fisica – Acceleratori (TF-Acc)

La struttura degli insegnamenti basilari di fisica e matematica è comune ai tre curricula, che si differenziano solamente per sette moduli d'insegnamento, di tipo specialistico, corrispondenti a circa un quinto dei crediti previsti.

### Fisica Generale

Il curriculum di Fisica Generale fornisce una vasta conoscenza teorica e sperimentale della fisica ed è concepito per avviare gli studenti verso il successivo processo formativo delle lauree specialistiche, principalmente indirizzato alla ricerca in ambito universitario, industriale e degli enti di ricerca. La struttura degli insegnamenti è illustrata nelle seguenti tabelle.

I anno, I semestre	cfu	I anno, II semestre	cfu
Analisi Matematica I	8	Analisi Matematica II	6
Geometria I	8	Chimica Generale	6
Fisica a I	6	Fisica a II	8
Laboratorio di Fisica I*	6	Laboratorio di Fisica II**	6
		Inglese	6
<b>Totale crediti</b>	<b>28</b>	<b>Totale crediti</b>	<b>32</b>

\* Laboratorio di Fisica I (FG) e Tecnologie Digitali I (TF) sono equivalenti.

\*\* Laboratorio di Fisica II (FG) e Tecnologie Digitali II (TF) sono equivalenti.

II anno, I semestre	cfu	II anno, II semestre	cfu
Analisi Matematica III	8	Informatica I	6
Fisica a III	6	Fisica a IV	6
Fisica b I	7	Fisica b II	8
Laboratorio di Fisica III***	6	Laboratorio di Fisica IV****	6
Corso Libero	3	Metodi Matematici I	4
<b>Totale crediti</b>	<b>30</b>	<b>Totale crediti</b>	<b>30</b>

\*\*\* Laboratorio di Fisica III (FG) e Tecnologie Digitali III (TF) sono equivalenti.

\*\*\*\* Laboratorio di Fisica IV (FG) e Tecnologie Digitali IV (TF) sono equivalenti.

III anno, I semestre	cfu	III anno, II semestre	cfu
Meccanica Quantistica I	9	Corso 1	6
Struttura della Materia I	5	Corso 2	6
Fisica Nucleare e Subnucleare I	4	Laboratorio di Fisica VI	6
Laboratorio di Fisica V	6	Preparazione Elaborato finale	9
Corso Libero	6	Discussione Elaborato Finale	3
<b>Totale crediti</b>	<b>30</b>		<b>30</b>

Corso 1 e Corso 2 possono essere scelti tra:

1) Struttura della Materia II, 2) Fisica Nucleare e Subnucleare II, 3) Astrofisica I.

### Fisica dei Materiali

Il curriculum di Fisica dei Materiali ha lo scopo di fornire buone conoscenze di base in fisica, e si caratterizza per la presenza di corsi d'insegnamento dedicati alle proprietà chimico-fisiche dei materiali. I laureati di questo curriculum sono in grado di svolgere sia attività di ricerca, sviluppo e controllo nei laboratori e nelle industrie

manifatturiere, sia di management delle problematiche relative alla produzione, alle prestazioni e all'applicazione dei materiali innovativi. Tali conoscenze permettono la preparazione e la progettazione di nuovi materiali con proprietà predeterminate, il miglioramento delle proprietà esistenti, e la certificazione di materiali di nuova produzione. La struttura degli insegnamenti è illustrata nelle seguenti tabelle.

I anno, I semestre	cfu	I anno, II semestre	cfu
Analisi Matematica I	8	Analisi Matematica II	6
Geometria I	8	Chimica Generale	6
Fisica a I	6	Fisica a II	8
Laboratorio di Fisica I	6	Laboratorio di Chimica Generale	6
		Inglese	6
<b>Totale crediti</b>	<b>28</b>	<b>Totale crediti</b>	<b>32</b>

II anno, I semestre	cfu	II anno, II semestre	cfu
Analisi Matematica III	8	Informatica I	6
Fisica a III	6	Chimica Fisica	6
Fisica b I	7	Fisica b II	8
Laboratorio di Fisica III	6	Laboratorio di Chimica Fisica	6
Corso Libero	3	Metodi Matematici I	4
<b>Totale crediti</b>	<b>30</b>	<b>Totale crediti</b>	<b>30</b>

III anno, I semestre	cfu	III anno, II semestre	cfu
Meccanica Quantistica I	9	Chimica e Tecnologia dei Materiali	6
Struttura della Materia I	5	Corso Libero	6
Fisica Nucleare e Subnucleare I	4	Laboratorio di Chimica e Tecnologia dei Materiali	6
Lab. Fisica dei Materiali	6	Preparazione Elaborato finale	9
Chimica Organica	6	Discussione Elaborato Finale	3
<b>Totale crediti</b>	<b>30</b>	<b>Totale crediti</b>	<b>30</b>

I corsi di:

- Chimica Organica (prof. Di Bari)
  - Chimica e Tecnologia dei Materiali (proff. Lucherini/Galli)
  - Laboratorio di Chimica e Tecnologia dei Materiali (prof. Aglietto)
- sono mutuati da insegnamenti dell'area Chimica.

### Tecnologie Fisiche

Il Curriculum di Tecnologie Fisiche intende formare laureati con una buona preparazione di base in fisica e capaci di applicare il metodo fisico alla soluzione di problemi concreti in ambito economico, industriale e commerciale. I laureati che hanno seguito questo curriculum sono in grado di utilizzare strumenti di misura e possono applicare le conoscenze acquisite ai settori multidisciplinari quali l'acustica ambientale, la progettazione di strumenti di misura, la comunicazione di segnali, i processi industriali e la medicina. La struttura degli insegnamenti è illustrata nelle seguenti tabelle.

I anno, I semestre	cfu	I anno, II semestre	cfu
--------------------	-----	---------------------	-----

Analisi Matematica I	8	Analisi Matematica II	6
Geometria I	8	Chimica Generale	6
Fisica a I	6	Fisica a II	8
Tecnologie Digitali I*	6	Tecnologie Digitali II**	6
		Inglese	6
<b>Totale crediti</b>	<b>28</b>	<b>Totale crediti</b>	<b>32</b>

\* Tecnologie Digitali I (TF) e Laboratorio di Fisica I (FG) sono equivalenti.

\*\* Tecnologie Digitali II (TF) e Laboratorio di Fisica II (FG) sono equivalenti.

II anno, I semestre	cfu	II anno, II semestre	cfu
Analisi Matematica III	8	Informatica I	6
Fisica a III	6	Fisica aIV	6
Fisica b I	7	Fisica b II	8
Tecnologie Digitali III***	6	Tecnologie Digitali IV****	6
Corso Libero	3	Metodi Matematici I	4
<b>Totale crediti</b>	<b>30</b>	<b>Totale crediti</b>	<b>30</b>

\*\*\* Tecnologie Digitali III (TF) e Laboratorio di Fisica III (FG) sono equivalenti.

\*\*\*\* Tecnologie Digitali IV (TF) e Laboratorio di Fisica IV (FG) sono equivalenti.

III anno, I semestre	cfu	III anno, II semestre	cfu
Meccanica Quantistica I	9	Laboratorio professionalizzante	6
Struttura della Materia I	5	Corso Professionalizzante	6
Fisica Nucleare e Subnucleare I	4	Corso Professionalizzante	6
Corso Professionalizzante	6	Preparazione Elaborato finale	9
Corso Libero	6	Discussione Elaborato Finale	3
<b>Totale crediti</b>	<b>30</b>	<b>Totale crediti</b>	<b>30</b>

Il laboratorio e i corsi professionalizzanti variano al variare dell'indirizzo scelto nell'ambito del curriculum di Tecnologie Fisiche, e rispettivamente sono:

#### TF-Amb - Fisica per l'Ambiente

III anno, I semestre	cfu	III anno, II semestre	cfu
Acustica I	6	Acustica II	3
Strumentazione Fisica I	6	Misure Fisiche nella Normativa Ambientale	3
		Laboratorio di Acustica	6

#### TF-Med - Fisica Medica

III anno, I semestre	cfu	III anno, II semestre	cfu
Tecniche Fisiche per la Diagnostica Biomedica	6	Elaborazione di Segnali Biomedici I	6
Strumentazione Fisica I	6	Laboratorio di Fisica Medica I	6

### TF-Fot - Fisica delle Comunicazioni Fotoniche

III anno, I semestre	cfu	III anno, II semestre	cfu
Complementi di Elettromagnetismo	6	Dispositivi Elettronici per la Fisica Applicata	6
Strumentazione Fisica I	6	Fisica dei Materiali per la Fotonica	3
		Complementi di Ottica	3

### TF-Acc - Strumentazione Fisica – Acceleratori

III anno, I semestre	cfu	III anno, II semestre	cfu
Complementi di Elettromagnetismo	6	Fisica dei Plasmi III	6
Strumentazione Fisica I	6	Corso Professionalizzante	6

### Frequenza ai corsi

Per i corsi di laboratorio, la frequenza è obbligatoria. Di norma, l'assenza ingiustificata a più del 25% delle esercitazioni di laboratorio escluderà lo studente dall'accREDITAMENTO dei cfu relativi. Per studenti lavoratori, portatori di handicap, e rappresentanti negli organi collegiali dell'Università, potranno essere concordate modalità diverse di assolvimento dell'obbligo di frequenza, direttamente con i docenti degli insegnamenti.

### Inglese

Per conseguire i 6 cfu relativi all'idoneità linguistica, è necessario sostenere un esame presso il CLI, Centro Linguistico Interdipartimentale, con modalità stabilite dal Centro stesso. In alternativa, lo studente che fosse in possesso di un Certificato Internazionale di conoscenza della lingua inglese al livello PET (Cambridge Preliminary English Test) o superiore, può presentarne copia in Segreteria Didattica e, previa delibera del Consiglio di CdS, ottenere d'ufficio l'accREDITAMENTO dei 6 crediti.

### Esami

Normalmente, sono previsti sei appelli d'esame per ogni corso: due appelli nella I sessione (invernale: periodo gennaio – febbraio), tre appelli nella II sessione (estiva: periodo giugno – luglio), ed un appello nella III sessione (autunnale: settembre). Per i corsi d'insegnamento che utilizzano le prove in itinere (= compiti) per la valutazione dell'apprendimento, gli appelli previsti sono cinque: due appelli nella sessione invernale, due appelli nella sessione estiva, e un appello nella sessione autunnale.

Gli esami per le seguenti coppie di corsi:

- Analisi I e Analisi II,
- Fisica a I e Fisica a II,
- Fisica b I e Fisica b II,
- Struttura della Materia I e Struttura della Materia II,
- Fisica Nucleare e Subnucleare I e Fisica Nucleare e Subnucleare II,
- Laboratorio di Fisica V e Laboratorio di Fisica VI,
- Chimica Generale e Laboratorio di Chimica Generale,
- Chimica Fisica e Laboratorio di Chimica Fisica,
- Chimica e Tecnologia dei Materiali e Laboratorio di Chimica e Tecnologia dei Materiali,

possono essere sostenuti in maniera congiunta alla fine del secondo modulo.

### Propedeuticità

Le propedeuticità riguardano i corsi comuni dei tre curricula.

Esame	Esami propedeutici
Analisi Matematica III	Analisi Matematica II
Fisica a III	Fisica a II
Fisica b II	Fisica a II, Analisi Matematica II
Laboratorio di Fisica III	Laboratorio di Fisica I
Esami cattedratici del terzo anno	Fisica a III, Fisica b II, Geometria I
Esami di Laboratorio del III anno	Laboratorio di Fisica III

### Corsi opzionali

I corsi opzionali possono essere utilizzati sia come Corsi Liberi, sia come corsi supplementari i cui crediti verranno riconosciuti nelle Lauree Specialistiche.

Corso opzionale	cfu	semestre	Consigliato al
Geometria II	6	II	Primo anno
Analisi Matematica IV	6	II	Secondo anno
Storia della Fisica I + II	3+3	I + II	Secondo anno
Meccanica Analitica	6	II	Secondo anno
Metodi Matematici II	6	I	Terzo anno
Metodi Matematici III	3	I	Terzo anno
Meccanica Quantistica II	6	II	Terzo anno
Informatica II	5	II	Terzo anno

### Iscrizione agli esami

Non è prevista alcuna prenotazione per gli esami; l'iscrizione può essere fatta in accordo con il docente.

Il calendario degli esami contenente la data, l'orario e l'aula/stanza dove verrà svolto l'esame, viene affisso, in tempi utili, nella bacheca della Segreteria Didattica e sarà consultabile in rete al seguente indirizzo: [www.df.unipi.it/dida/iau\\_f.html](http://www.df.unipi.it/dida/iau_f.html)

### Informazioni agli studenti

È attivato un servizio di informazione, offerto alle matricole dagli "studenti counselling".

Il servizio si svolge secondo un orario stabilito all'inizio di ogni anno accademico e pubblicato nella bacheca della Segreteria Didattica, quindi inserito in rete. Tali studenti, ormai ben avviati nella propria carriera universitaria, potranno aiutare i loro colleghi nel superamento degli ostacoli della propria carriera universitaria.

### Riconoscimento dei crediti pregressi o acquisiti presso altre strutture

La Commissione Didattica del Consiglio del Corso di Laurea in Fisica valuta sia le richieste di trasferimenti da altra sede, sia i passaggi da altro corso di studi. Per il riconoscimento dei crediti pregressi, lo studente è tenuto a presentare alla Segreteria Didattica del Dipartimento, o al Coordinatore Didattico, una domanda in carta libera contenente i propri dati, unitamente al certificato degli esami sostenuti,

rilasciato dalla Segreteria Studenti dell'Ateneo di provenienza, e ai relativi programmi.

### La patente europea del computer ECDL

La certificazione ECDL non è prevista come obbligo formativo dal Corso di Laurea in Fisica, e pertanto non è riconosciuta, qualora lo studente ne sia in possesso, né in luogo dell'esame di Informatica, né come crediti in ambito di scelta libera.

### Piani di studio

All'inizio del secondo anno di corso tutti gli studenti devono presentare un piano di studi con l'indicazione del proprio curriculum e degli esami liberi che intendono sostenere, se rilevanti ai fini della laurea in Fisica. Queste informazioni sono necessarie per permettere un'efficiente programmazione didattica ed una buona utilizzazione delle risorse esistenti. I piani di studio devono essere presentati (entro le scadenze rese note dal CdL tramite avvisi in bacheca e on line) alla Segreteria Didattica. Verranno visionati dal Coordinatore Didattico, e automaticamente autorizzati se congruenti con il regolamento del CdL e con i piani di studi consigliati sulla pagina web del Corso di Laurea. **Solo** in caso di divergenza con i percorsi previsti dal CdL, lo studente sarà contattato per le necessarie correzioni e/o integrazioni.

### Tirocinio in divulgazione scientifica

Ai fini degli adempimenti degli obblighi formativi per il Corso di Laurea in Fisica è prevista la possibilità di accreditamento di 3 cfu (tre crediti) agli studenti che svolgono e certificano attività di Tirocinio in Divulgazione Scientifica presso la Ludoteca Scientifica, oppure presso la mostra Microscopi (INFN), o ancora presso il Laboratorio Galileo Galilei di Pisa. Tale accreditamento non comporta l'attribuzione di alcun voto. Ulteriori informazioni sono reperibili presso la Segreteria Didattica del Corso di Laurea.

### Tirocinio

L'attività di tirocinio, utile ai fini della preparazione dell'elaborato finale, consente allo studente di portare a termine un "piccolo progetto scientifico", di natura teorica o sperimentale. Può essere svolta all'interno del Dipartimento di Fisica o presso aziende, strutture e laboratori tanto universitari quanto pubblici o privati, in Italia e all'estero. Per accedere al periodo di tirocinio è **necessario e indispensabile** compilare la modulistica rilasciata dalla Segreteria Didattica.

### Prova finale

L'assegnazione dei crediti relativi alla prova finale è la seguente:

Attività		cfu
Tirocini od equivalenti attività	Preparazione dell'elaborato finale	9
Esame di Laurea	Discussione dell'elaborato finale	3

La durata standard per la preparazione della prova finale, del valore complessivo di 12 cfu, è di otto (8) settimane di lavoro a tempo pieno. La prova finale del Corso di Laurea in Fisica si compone di due parti:

1. Verifica dell'attività di tirocinio corrispondente alla preparazione dell'elaborato finale;

### 2. Esame di Laurea.

La verifica dell'attività di tirocinio avviene di norma sette giorni prima dell'inizio dell'appello di Laurea. Ciascun candidato, dinanzi alla cosiddetta Commissione Tirocinio, espone gli aspetti del proprio elaborato finale ritenuti particolarmente significativi e rilevanti. La discussione verterà presumibilmente sull'obiettivo scientifico, i contenuti dell'elaborato finale, nonché su argomenti ad esso strettamente connessi. La Commissione, valutato il colloquio e il contenuto dell'elaborato, esprimerà un voto in trentesimi. Il voto di Laurea verrà invece autonomamente fissato dalla Commissione di Laurea, tenuto conto del curriculum del candidato, delle indicazioni fornite dalla Commissione Tirocinio, del contenuto dell'Elaborato Finale ed infine dell'esposizione del candidato.

### Modulistica e scadenze

In prossimità delle date di Tirocinio e/o Appello di Laurea, lo studente dovrà seguire **scrupolosamente** gli adempimenti e le scadenze relative alla redazione e alla discussione della prova finale. Tali informazioni sono riportate nei moduli disponibili presso la bacheca della Segreteria Didattica, oppure reperibili sul sito del Dipartimento di Fisica al seguente indirizzo: [www.df.unipi.it/dida/mod\\_scad.html](http://www.df.unipi.it/dida/mod_scad.html)

### Elenco dei corsi d'insegnamento

I corsi d'insegnamento, divisi per semestre, sono riportati nelle seguenti tabelle. Alcuni corsi sono sdoppiati (quindi paralleli...gli studenti sono tenuti a frequentarne uno solo...) e sono distinti dalle lettere A e B aggiunte al titolo dell'insegnamento.

co	1	I	Analisi Matematica I A	8	Spagnolo S.	MAT/05	MA10
co	1	I	Analisi Matematica I B	8	Viola C.	MAT/05	MA10
co	1	I	Geometria I A	8	Benedetti R.	MAT/03	GE10
co	1	I	Geometria I B	8	Fortuna E.	MAT/03	GE10
co	1	I	Fisica a I A	6	Pierazzini G.	FIS/01	FA10
co	1	I	Fisica a I B	6	Fidecaro F.	FIS/01	FA10
co	1	I	Laboratorio di Fisica I A	6	Martinelli L.	FIS/01	LB10
co	1	I	Laboratorio di Fisica I B	6	Massai M.M.	FIS/01	LB10
co	1	I	Tecnologie Digitali I	6	Maccarrone F.	FIS/01	LB11
co	1	II	Analisi Matematica II A	6	Spagnolo S.	MAT/05	MA20
co	1	II	Analisi Matematica II B	6	Viola C.	MAT/05	MA20
opz	1	II	Geometria II	6	Benedetti R.	MAT/03	GE20
co	1	II	Chimica Generale A	6	Pampaloni G.	CHIM/03	CH10
FM	1	II	Lab. di Chimica Generale	6	Pampaloni G.	CHIM/03	CH11
co	1	II	Fisica a II A	8	Pierazzini G.	FIS/01	FA20
co	1	II	Fisica a II B	8	Fidecaro F.	FIS/01	FA20
FG	1	II	Laboratorio di Fisica II A	6	Martinelli L.	FIS/01	LB20
FG	1	II	Laboratorio di Fisica II B	6	Angelini F.	FIS/01	LB20
TF	1	II	Tecnologie Digitali II	6	Di Lieto A.	FIS/01	LB21
co	2	I	Analisi Matematica III A	8	Murthy M.K.V.	MAT/05	MA30
co	2	I	Analisi Matematica III B	8	Marino A.	MAT/05	MA30
co	2	I	Fisica a III A	6	Rossi P.	FIS/02	FA30
co	2	I	Fisica b I A	7	Moruzzi G.	FIS/01	FB10

co	2	I	Fisica b I B	7	Costantini F.	FIS/01	FB10
FG	2	I	Laboratorio di Fisica III A	6	Ferrante I.	FIS/01	LB30
FG	2	I	Laboratorio di Fisica III B	6	Andreozzi L.	FIS/01	LB30
TF	2	I	Tecnologie Digitali III	6	Bettarini S.	FIS/01	LB31
opz	2	I	Storia della Fisica I	3	Vergara R.	FIS/02	SF10
opz	2	II	Analisi Matematica IV	6	Murthy M.K.V.	MAT/05	MA40
co	2	II	Informatica I	6	Mancarella P.	INF/01	IF10
co	2	II	Metodi Matematici I A	4	Bracci L.	FIS/02	MM10
co	2	II	Metodi Matematici I B	4	Cicogna G.	FIS/02	MM10
co	2	II	Fisica b II A	8	Pegoraro F.	FIS/01	FB20
co	2	II	Fisica b II B	8	Rossi P.	FIS/01	FB20
FG	2	II	Fisica a IV	6	Guadagnini E.	FIS/02	FA40
FG	2	II	Laboratorio di Fisica IV A	6	Ferrante I.	FIS/01	LB40
FG	2	II	Laboratorio di Fisica IV B	6	Andreozzi L.	FIS/01	LB40
TF	2	II	Tecnologie Digitali IV	6	Nicolò D.	FIS/01	LB41
FM	2	II	Chimica Fisica	6	Amovilli C.	CHIM/02	CH20
FM	2	II	Lab. di Chimica Fisica	6	Cappelli C.	CHIM/02	CH21
opz	2	II	Storia della Fisica II	3	Vergara R.	FIS/02	SF10
opz	2	II	Meccanica Analitica	6	Servadio S.	MAT/07	FA31
co	3	I	Mecc. Quantistica I A	9	Konishi K.	FIS/02	MQ10
co	3	I	Mecc. Quantistica I B	9	Menotti P.	FIS/02	MQ10
co	3	I	Struttura della Materia I	5	Arimondo E.	FIS/03	SM10
co	3	I	Fis. Nucl. e Subnucl. I A	4	Bombaci I.	FIS/04	FN10
co	3	I	Fis. Nucl. e Subnucl. I B	4	Batignani G.	FIS/04	FN10
opz	3	I	Metodi Matematici II A	6	Bracci L.	FIS/02	MM20
opz	3	I	Metodi Matematici II B	6	Cicogna G.	FIS/02	MM20
opz	3	I	Metodi Matematici III A	3	Bracci L.	FIS/02	MM20
opz	3	I	Metodi Matematici III B	3	Cicogna G.	FIS/02	MM20
FG	3	I	Laboratorio di Fisica V A	6	Minguzzi P.	FIS/01	LB50
FG	3	I	Laboratorio di Fisica V B	6	Punzi G.	FIS/01	LB50
FM	3	I	Chimica Organica	6	Salvadori P.	CHIM/06	CH30
FM	3	I	Lab. Fisica dei Materiali	6	Lucchesi M.	FIS/03	LB51
TF/amb	3	I	Acustica I	6	Licitra G.	FIS/07	AC10
TF/med	3	I	Tecn.Fis.Diagn.Biomedica	6	Emdin M.	FIS/07	MD10
TF	3	I	Strumentazione Fisica I	6	Gorini G.	FIS/01	LB52
TF	3	I	Compl. Elettromagn.	6	Campani E.	FIS/01	FB30
opz	3	II	Mecc. Quantistica II A	6	Konishi K.	FIS/02	MQ20
opz	3	II	Mecc. Quantistica II B	6	D'Emilio E.	FIS/02	MQ20
FG	3	II	Struttura della Materia II	6	Arimondo E.	FIS/03	SM20
FG	3	II	Fis. Nucl. e Subnucl. II A	6	Bombaci I.	FIS/04	FN20
FG	3	II	Fis. Nucl. e Subnucl. II B	6	Costantini F.	FIS/04	FN20
FG	3	II	Astrofisica I	6	Paolicchi/Penco	FIS/05	AS10
opz	3	2	Fisica dell'Atmosfera	6	Shore S.	FIS/05	AS20
FG	3	II	Laboratorio di Fisica VI A	6	Minguzzi P.	FIS/01	LB60
FG	3	II	Laboratorio di Fisica VI B	6	Roda C.	FIS/01	LB60
opz	3	II	Informatica II	5	Grossi R.	INF/01	IF20

FM	3	II	Chimica Tecnol.Materiali	6	Lucherini/Galli	CHIM/04-05	CH40
FM	3	II	Lab.Chim.Tecnol.Materiali	6	Castelvetro V.	CHIM/04-05	CH41
TF/amb	3	II	Acustica II	3	Licitra G.	FIS/07	AC20
TF/amb	3	II	Mis. Fische Norm. Amb.	3	Licitra G.	FIS/07	AB10
TF/amb	3	II	Laboratorio di Acustica	6	Gallo P.	FIS/07	AC30
TF/med	3	II	Intr.Elaborazione Segnali	6	Ripoli A.	FIS/07	MD20
TF/med	3	II	Lab. di Fisica Medica I	6	Bisogni M.G.	FIS/07	MD30
TF/fot	3	II	Dispos.Elett.Fisica Applic.	6	Rolla P.	FIS/07	FT10
TF/fot	3	II	Fisica Materiali Fotonica I	3	Farchioni R.	FIS/03	FT20
TF/fot	3	II	Complementi di ottica	3	Lucchesi M.	FIS/03	OT10
TF/fot	3	II	Fond.Comunic. Ottiche	3	Prati G.	FIS/03	FT30
TF/acc	3	II	Fisica dei Plasmi III	6	Pegoraro F.	FIS/03	PL30

*Legenda:* curric = curriculum, an = anno, sem = semestre, SSD = settore scientifico disciplinare, iden = sigla di identificazione, co = corso obbligatorio, opz = corso opzionale, FG = Fisica Generale, FM = Fisica dei Materiali, TF = Tecnologie Fisiche, TF/amb = Tecnologie Fisiche indirizzo Fisica per l'Ambiente, TF/med = Tecnologie Fisiche indirizzo Fisica Medica, TF/fot = Tecnologie Fisiche indirizzo Fisica delle Comunicazioni Fotoniche, TF/acc = Tecnologie Fisiche indirizzo Strumentazione Fisica - Acceleratori.

## Informazioni sui corsi d'insegnamento

**AB10 – Misure Fische nella Normativa Ambientale** – 3 cfu – II sem – III anno – TF. **Titolare:** Prof. G. Licitra. **Argomenti principali:** la raccomandazione europea sui campi elettromagnetici. La legge quadro sui campi elettromagnetici. Valutazione di impatto ambientale per gli impianti di telefonia cellulare. Esempi e tecniche di riduzione a conformità. **Testi consigliati:** D. Andreuccetti, M. Bini, A. Checcucci, A. Ignesti, L. Millanta, R. Olmi e N. Rubino, Protezione dai Campi Elettromagnetici Non Ionizzanti IROE-CNR Terza Edizione; I campi elettromagnetici - Dagli allarmi all'evidenza scientifica sugli effetti cancerogeni - Atti del Seminario, Firenze, 30 maggio 2001 - ARPAT, CSPO, ARS. **Modalità d'esame:** prova orale.

**AC10 – Acustica I** – 6 cfu – I sem – III anno – TF. **Titolare:** Prof. G. Licitra. **Argomenti principali:** Acustica fisica, tecniche di misura in acustica, valutazione del rumore e dei parametri dell'inquinamento acustico, propagazione delle onde sonore, la normativa nazionale e internazionale di riferimento, anatomia e fisiologia dell'organo dell'udito, psicoacustica, acustica degli ambienti chiusi, indici acustici delle sale e intelligibilità della parola, vibrazioni meccaniche. **Testi consigliati:** E. Cirillo, Acustica Applicata, McGraw-Hill, Milano 1997 – L. L. Beranek, I. L. Vér, Noise and Vibration Control Engineering, Wiley & Sons, New York, 1992 – R. Spagnolo, Manuale di Acustica Applicata, UTET Libreria, Torino, 2001. **Modalità d'esame:** prova scritta con eventuale colloquio integrativo

**AC20 – Acustica II** – 3 cfu – II sem – III anno – TF. **Titolare:** Prof. G. Licitra. **Argomenti principali:** Modelli teorici in acustica e loro principali applicazioni, barriere acustiche, acustica in ambienti confinati, modellizzazione di sale di ascolto, vibrazioni in ambiente di lavoro. **Testi consigliati:** E. Cirillo, Acustica Applicata, McGraw-Hill, Milano 1997 – L. L. Beranek, I. L. Vér, Noise and Vibration Control Engineering, Wiley & Sons, New York, 1992 – R. Spagnolo, Manuale di Acustica

Applicata, UTET Libreria, Torino, 2001. **Modalità d'esame:** prova scritta con eventuale colloquio integrativo

**AC30 – Laboratorio di Acustica – 6 cfu – II sem – III anno – TF. Titolare:** Prof. P. Gallo. **Argomenti principali:** Descrizione e impiego di strumenti per la misura e la caratterizzazione dei livelli sonori; Cause di errore nella misura acustica, valutazione dell'incertezza e metodi per la loro riduzione; Caratteristiche dei campi sonori diffusi e riverberanti; Elaborazione e analisi di segnali acustici; Tecniche di misura e rilevamento dell'inquinamento acustico ambientale; Applicazione di modelli per la propagazione del rumore in ambiente esterno. **Testi consigliati:** E. Cirillo: Acustica Applicata, McGraw-Hill, Milano; L. L. Beranek, I. L. Ver: Noise and Vibration Control Engineering, Wiley & Sons, New York; R. Spagnolo: Manuale di Acustica Applicata, UTET Libreria, Torino. **Modalità d'esame:** esercitazioni con relazioni scritte durante il corso e prova orale finale.

**AS10 - Astrofisica I - 6 cfu - II sem - III anno - FG. Titolare:** Prof. P. Paolicchi. **Argomenti principali:** Natura e proprietà dei corpi autogravitanti (equilibrio, energia, stabilità); applicazioni ai corpi celesti. Osservabili dell'astrofisica: tipi spettrali, indice di colore, magnitudine. Distanze, masse e raggi stellari. Diagramma di Hertzsprung Russell, popolazioni e composizione chimica stellari. Il Sistema Solare e i sistemi planetari. L'Universo extragalattico. Elementi di astronomia generale e di meccanica celeste (lezioni tenute dal Prof. Penco) **Testi consigliati:** dispense rese disponibili online dai docenti. **Modalità d'esame:** prova scritta breve e prova orale.

**AS20 – Fisica dell'Atmosfera – 6 cfu – II sem – III anno – FG. Titolare:** Prof. S. Shore. **Argomenti principali:** **Testi consigliati:** **Modalità d'esame:**

**CH10 – Chimica Generale A – 6 cfu – II sem – I anno – obbligatorio. Titolare:** Prof. G. Pampaloni. **Argomenti principali:** Atomi e molecole. Il numero di Avogadro. Pes atomici e pesi molecolari. La mole. Stechiometria. Gas ideali e reali. Modelli atomici. Tabella periodica degli elementi. Simmetria delle molecole. Teorie del legame. Proprietà delle soluzioni e dei liquidi puri. Termochimica, equilibri chimici; acidi e basi, idrolisi, celle galvaniche. Proprietà degli elementi dei gruppi principali. **Testi consigliati:** I. Bertini, C. Luchinat, F. Mani, Chimica, CEA; P. Silvestroni, Fondamenti di Chimica, CEA; A. Sacco, M. Pasquali, F. Marchetti, Chimica Generale ed Inorganica, CEA. **Modalità d'esame:** prova orale.

**CH11 – Laboratorio di Chimica Generale – 6 cfu – II sem – I anno – FM. Titolare:** Prof. G. Pampaloni. **Argomenti principali:** Esame dei principali strumenti di laboratorio quali vetreria, agitatori, sistemi di riscaldamento e raffreddamento. Norme di sicurezza nei laboratori chimici. Proprietà degli elementi di transizione. Esercitazioni in laboratorio riguardanti la preparazione e l'analisi di composti chimici. **Testi consigliati:** P. Silvestroni, Fondamenti di Chimica, Ed. Veschi; M. Aresta, D. Colasanti, Verso la Chimica Sperimentale, CEA; R. Morassi, G.P. Speroni, Il Laboratorio Chimico, Piccin. **Modalità d'esame:** prova orale.

**CH20 – Chimica Fisica – 6 cfu – II sem – II anno – FM. Titolare:** Prof. C. Amovilli. **Argomenti principali:** principi della termodinamica, calori specifici, entalpia, termochimica, legge di Hess. Potenziali termodinamici, fugacità, criteri di

equilibrio. Sistemi polifasici, transizioni di fasi, tensione di vapore. Pressione osmotica, ebullioscopia, crioscopia; equilibrio chimico, equazione di van't Hoff. Soluzioni elettrolitiche, attività. **Testi consigliati:** Atkins, Chimica Fisica, Ed. Zanichelli. **Modalità d'esame:** prova scritta e orale; compiti parziali possono sostituire la prova scritta.

**CH21 – Laboratorio di Chimica Fisica – 6 cfu – II sem – II anno – FM. Titolare:** Prof.ssa C. Cappelli. **Argomenti principali:** Equilibri di fase per sistemi monocomponente. Tensione superficiale. Viscosità. Densità. Cinetica Chimica. Spettroscopia molecolare UV-Vis e IR. **Testi consigliati:** P. W. Atkins, J. De Paula, Chimica Fisica, Zanichelli. R. Chang, Chimica Fisica vol. 1 e 2, Zanichelli. D. A. Mc Quarrie, J. D. Simon, Chimica Fisica, un approccio molecolare. Zanichelli. **Modalità d'esame:** stesura di relazioni sulle esperienze di laboratorio ed esame orale.

**CH30 – Chimica Organica – 6 cfu – I sem – III anno – FM. Mutuato da omonimo corso del CdS in Scienze e Tecnologie Chimiche, curriculum Materiali. Titolare:** Prof. Salvadori P. **Argomenti principali:** **Testi consigliati:** **Modalità d'esame:**

**CH40 – Chimica e Tecnologia dei Materiali – 6 cfu – II sem – III anno – FM. Mutuato dall'Area Chimica. Titolare:** Prof. A. Lucherini/G. Galli, II modulo. **Argomenti principali:** **Testi consigliati:** **Modalità d'esame:**

**CH41 – Laboratorio di Chimica e Tecnologia dei Materiali – 6 cfu – II sem – III anno – FM. Mutuato dall'area Chimica (Chimica Applicata-Mod C, 3 cfu, tenuto dal Prof. R. Solaro, e parte del Laboratorio di chimica industriale, 3 cfu, tenuto dal Prof. V. Castelvetro). Titolare:** Prof. V. Castelvetro. **Argomenti principali:** Struttura e sintesi delle principali classi di polimeri. Proprietà chimico-fisiche dei materiali polimerici. Polimeri di interesse industriale: struttura e proprietà tecnologiche; processi industriali di trasformazione. Cenni sulle principali tecniche di caratterizzazione spettroscopica e termica. Esperienze di polimerizzazione radicalica in fase omogenea e in fase dispersa. **Modalità d'esame:** Relazione di laboratorio, prova orale.

**FA10 – Fisica a I A – 6 cfu – I sem – I anno – obbligatorio. Titolare:** Prof. G. Pierazzini. **Argomenti principali:** cinematica, primo e secondo principio di Newton, moto circolare uniforme, terzo principio, sistemi di riferimento non inerziali oscillatore, moti centrali, leggi di conservazione, urti, energia potenziale, problema di Keplero. **Testi consigliati:** L. Picasso, Lezioni di fisica Generale 1, Ed. ETS; P. Mazzoldi, M. Nigro e C. Voci, Fisica volume 1, Ed. Edis; S. Rosati, Fisica I, Ed. Ambrosiana (Mi). **Modalità d'esame:** prove in itinere, compito scritto, prova orale.

**FA10 – Fisica a I B – 6 cfu – I sem – I anno – obbligatorio. Titolare:** Prof. F. Fidecaro. **Argomenti principali:** Metodo sperimentale e misure, cinematica del punto, dinamica del punto, principi di conservazione, sistemi di punti, urti, forze apparenti, moto in un campo gravitazionale, oscillatore armonico. **Testi consigliati:** Fisica I, P. Mazzoldi, M. Nigro e C. Voci, EdISES, Lezioni di Fisica Generale I, L. E. Picasso, ETS, Fisica Generale I, S. Rosati, Ed. Ambrosiana. **Modalità d'esame:** prove in itinere, compito scritto, prova orale.

**FA20 – Fisica a II A – 8 cfu – II sem – I anno – obbligatorio. Titolare:** Prof. G. Pierazzini. **Argomenti principali:** moto del corpo rigido, tensore d'inerzia,

momento angolare. Termodinamica: temperatura e pressione, gas perfetti, teorema di equipartizione, calore e lavoro, macchine termiche, primo e secondo principio, entropia. **Testi consigliati:** L. Picasso, Lezioni di Fisica Generale 1, Ed. ETS; P. Mazzoldi, M. Nigro e C. Voci, Fisica volume 1, Ed. Edis; S. Rosati, Fisica I, Ed. Ambrosiana (Mi). **Modalità d'esame:** prove in itinere, compito scritto, prova orale.

**FA20 – Fisica a II B** – 8 cfu – II sem – I anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. F. Fidecaro. **Argomenti principali:** Corpo rigido: statica e rotazione intorno a un asse. Statica dei fluidi e cenni di dinamica. Termodinamica: termologia, calore e primo principio, gas perfetti, cenni di teoria cinetica dei gas, macchine termiche, irreversibilità e secondo principio, entropia. **Testi consigliati:** L. Picasso, Lezioni di Fisica Generale 1, Ed. ETS; P. Mazzoldi, M. Nigro e C. Voci, Fisica volume 1, Ed. Edis; S. Rosati, Fisica I, Ed. Ambrosiana (Mi). **Modalità d'esame:** prove in itinere, compito scritto, prova orale

**FA30 – Fisica a III A** – 6 cfu – I sem – II anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. P. Rossi. **Argomenti principali:** meccanica relativistica: cinematica, ottica e dinamica relativistica, cinematica dei decadimenti e della diffusione. Meccanica analitica: calcolo delle variazioni, formulazione lagrangiana e hamiltoniana, piccole oscillazioni, trasformazioni canoniche, parentesi di Poisson. **Testi consigliati:** L.D. Landau e E.M. Lifshits, volumi I e II (Meccanica e Teoria classica dei campi); P. Rossi, Meccanica Relativistica e Analitica, Edizioni Plus. **Modalità d'esame:** Il superamento delle due prove in itinere sostituisce l'esame. Nei primi due appelli è possibile recuperare le prove in itinere insoddisfacenti. La prova orale non è obbligatoria.

**FA40 – Fisica a IV** – 6 cfu – II sem – II anno – FG. **Titolare:** Prof. E. Guadagnini. **Argomenti principali:** potenziali termodinamici, transizioni di fase. Equazione del trasporto, distribuzione di equilibrio di Maxwell-Boltzmann, diffusione molecolare. Spazio delle fasi, insiemi statistici, calcolo di entropia ed energia libera. Corpo nero, distribuzione di Planck. **Testi consigliati:** E. Fermi, Termodinamica, Ed. Boringhieri; K. Huang, Meccanica Statistica, Zanichelli Editore; E. Guadagnini, dispense. **Sito web:** <http://www.df.unipi.it/~guada/Fis-a-IV.html> **Modalità d'esame:** le prove in itinere permettono di superare l'esame. Nei primi due appelli dopo la fine delle lezioni, è possibile recuperare le prove in itinere insoddisfacenti. Prove d'esame scritte, orale a richiesta.

**FB10 – Fisica b I A** – 7 cfu – I sem – II anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. G. Moruzzi. **Argomenti principali:** elettrostatica, campo elettrico, potenziale elettrico, materiali dielettrici, conduttori, capacità, correnti stazionarie, densità di corrente, legge di Ohm, legge di Joule, campo magnetico, forza di Lorentz, legge di Biot e Savart, potenziali magnetici vettore e scalare, teorema di Ampere, ferromagnetismo, materiali paramagnetici e diamagnetici, campi elettrici e magnetici lentamente variabili nel tempo. **Testi consigliati:** C. Mencuccini e V. Silvestrini, Fisica II, Liguori Editore. **Modalità d'esame:** prove in itinere, scritto e orale.

**FB10 – Fisica b I B** – 7 cfu – I sem – II anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. F. Costantini. **Argomenti principali:** elettrostatica, potenziale elettrico, teorema di

Stokes, dipolo elettrico, legge di Gauss, equazioni di Maxwell per elettrostatica, conduttori, pressione elettrostatica, polarizzazione dei dielettrici, induzione elettrica, equazione di Clausius-Mossotti, correnti elettriche, circuiti, leggi di Kirchhoff, forze magnetiche, legge di Ampère, magnetizzazione, induzione elettromagnetica. **Testi consigliati:** J.D. Jackson, Classical Electrodynamics, John Wiley & Sons. **Modalità d'esame:** prove in itinere, prova scritta e orale.

**FB20 – Fisica b II A** – 8 cfu – II sem – II anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. F. Pegoraro. **Argomenti principali:** teoria classica dell'irraggiamento elettromagnetico. Propagazione delle onde elettromagnetiche nel vuoto e nei mezzi materiali. Cenni di ottica. **Testi consigliati:** R. P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands, The Feynman Lectures on Physics, vol. II (ed. italiana: La Fisica e di Feynman, vol. II - Elettromagnetismo e materia, Zanichelli); L. E. Picasso, Lezioni di Fisica Generale 2, Edizioni ETS; A. Macchi, G. Moruzzi, and F. Pegoraro, Problemi di Elettromagnetismo Classico, Edizioni PLUS, Pisa. **Sito web:** <http://www.df.unipi.it/~macchi/FISICAB/fisicaB2.html> . **Modalità d'esame:** prova scritta e orale. Lo scritto può essere sostituito dalle prove in itinere nei primi cinque appelli. La consegna dello scritto annulla i compiti.

**FB20 – Fisica b II B** – 8 cfu – II sem – II anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. P. Rossi. **Argomenti principali:** induzione magnetica, frequenza di Larmor e di betatrone, forze tra circuiti percorsi da corrente, corrente di spostamento, equazioni di Maxwell, vettore di Poynting, onde elettromagnetiche, irraggiamento di dipolo, effetto Doppler, elementi di ottica, riflessione, rifrazione, interferenza, diffrazione. **Testi consigliati:** C. Mencuccini, V. Silvestrini, "FISICA II elettromagnetismo e ottica"; L. Picasso, "Esercitazioni di fisica generale II", ETS-Pisa. **Modalità d'esame:** prove in itinere, prova scritta e orale.

**FB30 – Complementi di Elettromagnetismo** – 6 cfu – I sem – III anno – TF. **Titolare:** Prof. E. Campani. **Argomenti principali:** propagazione guidata di onde elettromagnetiche, cavità e fibre ottiche. Irraggiamento elettromagnetico, dipolo elettrico e magnetico, quadrupolo elettrico; diffusione e diffrazione. Moto di cariche in campi esterni, invarianti adiabatici; radiazione di smorzamento. **Testi consigliati:** J.D. Jackson, Classical electrodynamics, Ed. J. Wiley and Sons, Inc. (New York). **Modalità d'esame:** prova orale.

**FN10 – Fisica Nucleare e Subnucleare I A** – 4 cfu – I sem – III anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. I. Bombaci **Argomenti principali:** introduzione ai rivelatori ed acceleratori di particelle. Proprietà generali dei nuclei atomici; interazioni nucleari; modelli nucleari e nucleoni. Introduzione alla fisica delle particelle elementari. **Testi consigliati:** K.S. Krane, Introductory Nuclear Physics, Ed. J. Wiley (New York). **Modalità d'esame:** prova orale.

**FN10 – Fisica Nucleare e Subnucleare I B** – 4 cfu – I sem – III anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. Batignani G. **Argomenti principali:** Nuclei atomici e indagine della materia nucleare tramite processi di scattering. Decadimenti radioattivi. Introduzione agli acceleratori ed alle tecniche di rivelazione della fisica nucleare e subnucleare. La scoperta di nuove particelle elementari e dell'antimateria. **Testi consigliati:** Krane, Introductory Nuclear Physics, John Wiley & Sons, New York. Materiale fornito dal docente. **Modalità d'esame:** prova orale.

**FN20 – Fisica Nucleare e Subnucleare II A** – 6 cfu – II sem – III anno – FG. **Titolare:** Prof. I. Bombaci. **Argomenti principali:** potenziali nucleari, il deutone, diffusione elastica tra due nucleoni. Potenziale di Yukawa. Decadimenti alfa; beta, gamma; teoria di Fermi, non conservazione della parità; fusione e fissione nucleare, nucleosintesi. Fisica dei mesoni, risonanze barioniche e mesoniche. Modello a quark, cenni di cromodinamica. **Testi consigliati:** Krane, Introductory Nuclear Physics, John Wiley & Sons, New York. **Modalità d'esame:** prova orale.

**FN20 – Fisica Nucleare e Subnucleare II B** – 6 cfu – II sem – III anno – FG. **Titolare:** Prof. F. Costantini **Argomenti principali:** particelle elementari e loro classificazione. Numeri quantici. Simmetrie. Leggi conservative. Teoria dei decadimenti alfa e beta. Interazioni di adroni e leptoni. Il modello a quarks. Acceleratori di particelle ed esperimenti. Alcuni argomenti di astrofisica. **Testi consigliati:** Krane, Introductory Nuclear Physics. Materiale fornito dal docente. **Modalità d'esame:** prova orale.

**FT10 – Dispositivi elettronici per la Fisica Applicata** – 6 cfu – II sem – III anno – TF. **Titolare:** Prof. P. Rolla. **Argomenti principali:** trasporto e proprietà ottiche dei materiali. Dispositivi elettronici e fotoelettronici. Dispositivi fotonici: amplificatori, modulatori e interruttori ottici. Applicazioni al trattamento del segnale ottico, telecomunicazioni e calcolatori fotonici. **Testi consigliati:** Singh, Semiconductor Devices, McGraw. Saleh and Teich, Fundamental of photonics, Wiley. **Modalità d'esame:** prova orale.

**FT20 – Fisica dei Materiali per la Fotonica** – 3 cfu – II sem – III anno – TF. **Titolare:** Prof. R. Farchioni. **Argomenti principali:** stati elettronici nei cristalli, bande di energia, gap; proprietà ottiche dei semiconduttori; assorbimento ed emissione, elettroni e buche, transizioni ottiche dirette e indirette, eccitoni; impurezze; vibrazioni reticolari, fononi; generazione di corrente mediante la luce; eterostrutture, semiconduttori organici, cristalli fotonici. **Testi consigliati:** G. Grosso, G. Pastori Parravicini, Solid State Physics, Academic Press; B.E.A. Saleh, M.C. Teich, Fundamentals of Photonics, Wiley. Materiale fornito dal docente. **Modalità d'esame:** prova orale.

**FT30 – Fondamenti di Comunicazioni ottiche** – 3 cfu – II sem – III anno (c/o Scuola Superiore Sant'Anna) – TF. **Titolare:** Prof. Prati G. **Argomenti principali:** **Testi consigliati:** **Modalità d'esame:**

**GE10 – Geometria I A** – 8 cfu – I sem – I anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. R. Benedetti. **Argomenti principali:** spazi vettoriali, applicazioni lineari e matrici associate, endomorfismi a meno di coniugazione, determinante, autovalori ed autovettori, forme bilineari, basi ortogonali, spazi euclidei, teorema spettrale. **Testi consigliati:** saranno indicati diversi testi di qualità equivalente. **Modalità d'esame:** prove in itinere, prove d'esame scritte e orali.

**GE10 – Geometria I B** – 8 cfu – I sem – I anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. E. Fortuna. **Argomenti principali:** Spazi vettoriali, applicazioni lineari e matrici associate. Dimensione. Sistemi lineari, rango, determinante. Autovalori ed autovettori, diagonalizzazione, matrici simili. Forme bilineari, basi ortogonali, prodotti scalari, spazi euclidei, teorema spettrale. **Testi consigliati:** M. Abate,

Geometria, McGraw-Hill oppure C. Ciliberto, Algebra lineare, Bollati Boringhieri. **Modalità d'esame:** prove in itinere, prove d'esame scritte e orali.

**GE20 – Geometria II** – 6 cfu – II sem – I anno – opzionale. **Titolare:** Prof. R. Benedetti. **Argomenti principali:** prodotti tensoriali, spazio duale, applicazione trasposta e aggiunta, teoremi di Witt, congruenza e similitudine, forma canonica di Jordan, lo spazio proiettivo (cenni), coniche, quadriche. **Testi consigliati:** saranno indicati diversi testi di qualità equivalente. **Modalità d'esame:** prova orale.

**IF10 – Informatica I** – 6 cfu – II sem – II anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. P. Mancarella. **Argomenti principali:** algoritmi e programmi, rappresentazione binaria, sistemi di elaborazione, codice macchina, codifica di algoritmi in un linguaggio, programmi C, istruzioni, puntatori, array, stringhe, liste. **Testi consigliati:** S. Ceri, D. Mandrioli e L. Sbattella, Informatica e programmazione, McGraw Hill -ISBN 88-386-079-6 **Modalità d'esame:** prove scritte e orali.

**IF20 – Informatica II** – 5 cfu – II sem – III anno – opzionale. **Titolare:** Prof. A. R. Grossi. **Argomenti principali:** introduzione al modello di calcolo, all'analisi e alla complessità degli algoritmi, con discussione delle loro applicazioni; algoritmi ricorsivi e relazioni di ricorrenza: divide et impera e programmazione dinamica; strutture di dati combinatorie e algoritmi per array, liste, alberi, grafi, pile, code, code di priorità e dizionari; problemi in P e NP, NP-completi. **Testi consigliati:** P. Crescenzi, G. Gambosi, R. Grossi, Strutture di Dati e Algoritmi: Progettazione, analisi e visualizzazione, Addison-Wesley Pearson, 2006; T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, C. Stein. Introduction to algorithms, MIT Press, 2001. **Modalità d'esame:** prova scritta e/o realizzazione di un progetto, prova orale.

**LB10 – Laboratorio di Fisica I A** - 6 cfu - I sem. - I anno - FG - obbligatorio. **Titolare:** Prof.ssa L. Martinelli. **Argomenti principali:** Misura di grandezze fisiche; campioni di misura; alcuni strumenti nelle loro caratteristiche principali. Elementi di probabilità e statistica. Analisi e descrizione delle misure. Metodi di fit. Esperienze di laboratorio dedicate all'uso di strumenti semplici, all'osservazione di fenomeni fisici e alla misura di grandezze fisiche relative alla meccanica e alla termologia. **Testi consigliati:** L. Martinelli e L. Baldini, Misure ed analisi dei dati: introduzione al Laboratorio di Fisica (ed. ETS); M. Loreti, Teoria degli errori e fondamenti di statistica (ed. Zanichelli); J.R. Taylor, Introduzione all'analisi degli errori (ed. Zanichelli). **Modalità d'esame:** prova pratica ed orale. Possibilità di esame unico con Laboratorio di Fisica II A.

**LB10 – Laboratorio di Fisica I B** – 6 cfu – I sem – I anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. M.M. Massai. **Argomenti principali:** misure di tempi e lunghezze; analisi e propagazione degli errori, distribuzioni di probabilità; introduzione alla statistica, campioni di misura. Teorema del limite centrale, varie distribuzioni. Esperienze di laboratorio, cinematica e meccanica, termologia. **Testi consigliati:** J.R. Taylor, Introduzione all'analisi degli errori, Ed. Zanichelli. M. Loreti, Teoria degli errori e fondamenti di statistica, Ed. Zanichelli. **Modalità d'esame:** prova pratica e prova orale.

**LB11 - Tecnologie Digitali I** - 6 cfu - I sem - I anno - TF, equiparato a Laboratorio di Fisica I e utilizzabile anche per FG e FM. **Titolare:** Prof. F. Maccarrone. **E-mail:** [francesco.maccarrone@df.unipi.it](mailto:francesco.maccarrone@df.unipi.it) **Argomenti principali:**

Misura, modellizzazione ed analisi dati in Fisica: parte I. Programmazione: introduzione all'uso di MatLab in un laboratorio di fisica. Uso e principio di funzionamento di sensori di posizione, di forza e di temperatura. Misure di grandezze fisiche, analisi statistica dei dati, metodi digitali di misura. Probabilità e metodi di calcolo con numeri casuali. Inferenza dei parametri di un modello mediante procedure di adattamento. Introduzione al calcolo numerico in sistemi fisici: integrazione numerica di equazioni del moto e confronto con dati sperimentali (moto di satelliti artificiali). Introduzione all'uso di sistemi di acquisizione di immagini per esperimenti di fisica. **Testi consigliati:** Dispense e appunti a cura dei docenti. **Modalità d'esame:** valutazione in itinere, relazioni. Colloquio finale, presentazione di un esperimento. Possibilità di esame unico con Tecnologie Digitali II. **Sito web:** [http://www.df.unipi.it/~tecno/TDweb/tecno\\_home.htm](http://www.df.unipi.it/~tecno/TDweb/tecno_home.htm)

**LB20 – Laboratorio di Fisica II A - 6 cfu - I sem. - I anno - FG - obbligatorio.**  
**Titolare:** Prof.ssa L. Martinelli. **Argomenti principali:** Introduzione all'uso del calcolatore, sistema operativo Linux, uso di Scilab, Gnuplot, Latex. Complementi di analisi statistica, piccoli campioni e distribuzioni di Student e di Fisher. Elementi di ottica geometrica, specchi, lenti e sistemi di lenti. Esperienze di Ottica, meccanica e termodinamica con acquisizione dati tramite computer. **Testi consigliati:** L. Martinelli e L. Baldini, Misure ed analisi dei dati: introduzione al Laboratorio di Fisica (ed. ETS); M. Loreti, Teoria degli errori e fondamenti di statistica (ed. Zanichelli); J.R. Taylor, Introduzione all'analisi degli errori (ed. Zanichelli). **Modalità d'esame:** prove in itinere e relazioni individuali. Possibilità di esame unico (prova pratica ed orale) con Laboratorio di Fisica I A.

**LB20 – Laboratorio di Fisica II B – 6 cfu – II sem – I anno – obbligatorio.**  
**Titolare:** Prof. F. Angelini. **Argomenti principali:** esperienze di ottica geometrica, complementi di analisi statistica, piccoli campioni e distribuzioni, distribuzione di Fisher, uso del computer nell'analisi dati. Esperienze di meccanica con acquisizione dati tramite computer. **Testi consigliati:** M. Loreti, Teoria degli errori e fondamenti di statistica, Ed. Zanichelli. L. Martinelli, dispense del corso, Ed. ETS (Pisa). G. Cannelli, Metodologie sperimentali in fisica, Ed. SES. **Modalità d'esame:** prova di laboratorio e prova orale, prove in itinere e relazioni.

**LB21 - Tecnologie Digitali II - 6 cfu - II sem - I anno - TF, equiparato a Laboratorio di Fisica II e utilizzabile anche per FG e FM. Titolare:** Prof. A. Di Lieto. **E-mail:** [alberto.dilieto@df.unipi.it](mailto:alberto.dilieto@df.unipi.it) **Argomenti principali:** Misura, modellizzazione ed analisi dati in Fisica: parte II. Programmazione: approfondimenti su MatLab e introduzione al linguaggio G di programmazione usato da LabVIEW: controllo automatico e remoto di apparati sperimentali e di procedure di misura. Strumenti di misura: architettura di una scheda di acquisizione e proprietà della interfaccia. Metodi di valutazione statistica dell'attendibilità di un modello: distribuzioni di dati e fit con dipendenza lineare e non lineare dai parametri. Informazioni fisiche in immagini statiche e filmati e loro misura. Esperimenti di laboratorio con misure di grandezze fisiche meccaniche e termodinamiche. Misura di grandezze fondamentali: velocità della luce e costante di Boltzmann. Metodi di presentazione dati. **Testi consigliati:** dispense fornite durante il corso. **Modalità d'esame:** lavoro individuale in laboratorio e preparazione del "log book" personale; test di valutazione in itinere; colloquio finale (presentazione di un esperimento tra quelli svolti). Possibilità di esame unico con Tecnologie Digitali I.

**Sito web:** [http://www.df.unipi.it/~tecno/TDweb/tecno\\_home.htm](http://www.df.unipi.it/~tecno/TDweb/tecno_home.htm)

**LB30 – Laboratorio di Fisica III A – 6 cfu – I sem – II anno – obbligatorio.**  
**Titolare:** Prof. I. Ferrante. **Argomenti principali:** Circuiteria elettrica. Cariche e correnti elettriche, circuiti, maglie e nodi. Leggi di Kirchhoff. Risoluzioni di circuiti con elementi resistivi, capacitivi, induttivi, in alimentazione continua ed alternata. Metodo simbolico e grafico per le grandezze alternate e generalizzazione delle leggi di Kirchhoff. Alimentazione periodica generica ed analisi di Fourier. Metodi a ponte per la misura di impedenze. Circuiti con diodi. Considerazioni sulla componentistica ideale e reale. Sistemi di unità di misura. **Testi consigliati:** Testi consigliati: dispense e materiale didattico disponibili nel sito web dei laboratori didattici del II anno ([www.df.unipi.it/~lab-tq/](http://www.df.unipi.it/~lab-tq/)); Fisica II Silvestrini-Mencuccini, Liguori editore. **Modalità d'esame:** prova pratica e orale.

**LB30 – Laboratorio di Fisica III B – 6 cfu – I sem – II anno – obbligatorio.**  
**Titolare:** Prof.ssa Laura Andreozzi. **Argomenti principali:** Circuiteria elettrica. Cariche e correnti elettriche, circuiti, maglie e nodi. Leggi di Kirchhoff. Risoluzioni di circuiti con elementi resistivi, capacitivi, induttivi, in alimentazione continua ed alternata. Metodo simbolico e grafico per le grandezze alternate e generalizzazione delle leggi di Kirchhoff. Alimentazione periodica generica ed analisi di Fourier. Metodi a ponte per la misura di impedenze. Circuiti con diodi. Considerazioni sulla componentistica ideale e reale. Sistemi di unità di misura. **Testi consigliati:** Testi consigliati: dispense e materiale didattico disponibili nel sito web dei laboratori didattici del II anno ([www.df.unipi.it/~lab-tq/](http://www.df.unipi.it/~lab-tq/)); Fisica II Silvestrini-Mencuccini, Liguori editore. **Modalità d'esame:** prova pratica e prova orale.

**LB40 – Laboratorio di Fisica IV A – 6 cfu – II sem – II anno – FG. Titolare:** Prof. I. Ferrante. **Argomenti principali:** magnetismo: induzione magnetica, circuiti magnetici. Coefficienti di auto e mutua induzione. Materiali ferromagnetici. Fenomeni d'isteresi e correnti parassite. Ottica fisica: principio di Huygens-Fresnel, polarizzazione, interferenza e diffrazione. **Testi consigliati:** Silvestrini-Mencuccini, Fisica II; dispense disponibili in rete. **Modalità d'esame:** la valutazione è determinata dall'esito delle prove pratiche eseguite nel corso e dall'esito di una prova pratica e/o numerica a fine corso.

**LB40 – Laboratorio di Fisica IV B – 6 cfu – II sem – II anno – FG. Titolare:** Prof.ssa L. Andreozzi **Argomenti principali:** magnetismo: induzione magnetica, circuiti magnetici. Coefficienti di auto e mutua induzione. Materiali ferromagnetici. Fenomeni d'isteresi e correnti parassite. Ottica fisica: principio di Huygens-Fresnel, polarizzazione, interferenza e diffrazione. **Testi consigliati:** dispense e materiale didattico disponibili nel sito web dei laboratori didattici del II anno ([www.df.unipi.it/~lab-tq/](http://www.df.unipi.it/~lab-tq/)); Fisica II Silvestrini Mencuccini, Liguori editore. **Modalità d'esame:** la valutazione è determinata dall'esito delle prove pratiche eseguite nel corso e dall'esito di una prova pratica e/o numerica a fine corso.

**LB41 –Tecnologie Digitali IV – 6 cfu – II sem – II anno – TF. Titolare:** Prof. D. Nicolò. **Argomenti principali:** legge di Malus, interferenza e diffrazione, misura del campo magnetico, uso avanzato di MatLab, metodo Montecarlo, scheda acquisizione segnali, uso di LabView, quantizzazione e discretizzazione, onde sonore, velocità del suono, corda vibrante. **Testi consigliati:** dispense del corso. **Modalità d'esame:** al termine del corso, viene proposto un voto in base alla

frequenza e al lavoro svolto durante l'anno. Se lo studente non accetta il voto, può affrontare un esame costituito da una prova pratica e una orale.

**LB50 – Laboratorio di Fisica V A** – 6 cfu – I sem – III anno – FG. **Titolare:** Prof. P. Minguzzi. **Argomenti principali:** Principi di funzionamento dei computer: dalle porte logiche elementari all'architettura del processore pentium. Elettronica dei circuiti logici combinatori e sequenziali, registri, contatori, convertitori; bus, memorie, tastiera, audio, video, linee di comunicazione. **Testi consigliati:** P.Horowitz, W.Hill, The art of electronics, Cambridge University Press; Intel Technology Journal: articoli selezionati. **Modalità d'esame:** Prova pratica ed orale.

**LB50 – Laboratorio di Fisica V B** – 6 cfu – I sem – III anno – FG. **Titolare:** Prof. G. Punzi. **Argomenti principali:** aritmetica binaria, circuiti logici, algebra di Boole, leggi di De Morgan, operazioni su numeri binari, sistemi e comparatori digitali, contatori e divisori di frequenza, circuiti di moltiplicazione e divisione, uso dei microprocessori. **Testi consigliati:** V. Flaminio, Dispense. **Sito web:** [http://www.df.unipi.it/~punzi/Corso\\_Laboratorio.html](http://www.df.unipi.it/~punzi/Corso_Laboratorio.html). **Modalità d'esame:** prova pratica e orale.

**LB51 – Laboratorio di Fisica dei Materiali** – 6 cfu – I sem – III anno – FM. **Titolare:** Prof. M. Lucchesi. **Argomenti principali:** proprietà elettriche: misure di conducibilità e coefficiente di Hall, metodo van der Pauw. Proprietà magnetiche: misure di suscettività, metodo di Faraday. Proprietà piezoelettriche; caratterizzazione e curva d'isteresi. Proprietà dielettriche: misure della costante dielettrica, tecniche di spettroscopia d'impedenza. **Testi consigliati:** dispense, Scienza dei materiali una introduzione, William D. Callister, Jr. edizioni EdISES. **Modalità d'esame:** prova pratica e orale.

**LB52 – Strumentazione Fisica I** – 6 cfu – I sem – III anno – TF. **Titolare:** Prof. G. Gorini. **Argomenti principali:** elementi di elettronica e di analisi in frequenza di circuiti lineari. Amplificatori operazionali. Filtri attivi del secondo ordine in montaggio Sallen-Key.Utilizzo di LABVIEW, realizzazione di sistemi di acquisizione dati controllato. Esperienze in laboratorio:determinazione delle caratteristiche di filtri diversi. Realizzazione e misura di filtri attivi. Determinazione delle caratteristiche di filtri attivi al secondo ordine di tipo ignoto. Realizzazione di dispositivi amplificanti con amplificatori operazionali e determinazione delle caratteristiche. Realizzazione di un sistema di acquisizione dati controllato da PC mediante l'utilizzo di LABVIEW. Al termine delle esperienze deve essere scritta una relazione sul lavoro svolto. **Testi consigliati:** appunti e dispense forniti dal docente. **Modalità d'esame:** prova orale.

**LB60 – Laboratorio di Fisica VI A** – 6 cfu – II sem – III anno – FG. **Titolare:** Prof. P. Minguzzi. **Argomenti principali:** Elettronica analogica: componenti discreti a semiconduttore e loro struttura fisica. Circuiti integrati lineari e loro applicazioni. Nozioni base sui circuiti con reazione, sul rumore nei circuiti e sui metodi di eliminazione del noise negli esperimenti di fisica. Esperimenti di ottica fisica e di spettroscopia atomica elementare. **Testi consigliati:** P.Horowitz, W.Hill, The art of electronics, Cambridge University Press; M. Born, E. Wolf, Principles of Optics, Cambridge University Press. **Modalità d'esame:** Prova pratica ed orale

**LB60 – Laboratorio di Fisica VI B** – 6 cfu – II sem – III anno – FG. **Titolare:** Prof. C. Roda. **Argomenti principali:** giunzioni p-n, diodi a semiconduttore, circuiti limitatori e rettificatori, filtri capacitivi, transistor a giunzione, implementazione di circuiti logici, amplificatori, circuiti con feedback, rivelatori a picco, conversione tra analogico e digitale. **Testi consigliati:** V. Flaminio, Dispense. **Sito web:** <http://www.df.unipi.it/~flaminio/laboratori/esperimentazioni3.html>. **Modalità d'esame:** prova pratica e orale.

**MA10 – Analisi Matematica I A** – 8 cfu – I sem – I anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. S. Spagnolo. **Argomenti principali:** Teoria elementare degli insiemi. Principio di induzione. Binomio di Newton. Numeri reali e complessi. Limiti. Funzioni continue. Derivate. Studio di funzioni di una variabile. **Testi consigliati:** E. Acerbi e G. Buttazzo, Primo corso di Analisi Matematica, Pitagora Editrice, Bologna, 1997. **Modalità d'esame:** prove in itinere, prove scritte e orali.

**MA10 – Analisi Matematica I B** – 8 cfu – I sem – I anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. C. Viola. **Argomenti principali:** Teoria elementare degli insiemi. Principio di induzione. Binomio di Newton. Numeri reali e complessi. Limiti. Funzioni continue. Derivate. Studio di funzioni di una variabile. **Testi consigliati:** E. Acerbi e G. Buttazzo, Primo corso di Analisi Matematica, Pitagora Editrice, Bologna, 1997. **Modalità d'esame:** prove in itinere, prove scritte e orali.

**MA20 – Analisi Matematica II A** – 6 cfu – II sem – I anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. S. Spagnolo. **Argomenti principali:** Formula di Taylor. Serie numeriche. Integrali di funzioni di una variabile. Introduzione alle equazioni differenziali. **Testi consigliati:** E. Acerbi e G. Buttazzo, Primo corso di Analisi Matematica, Pitagora Editrice, Bologna, 1997. **Modalità d'esame:** prove in itinere, prove scritte e orali.

**MA20 – Analisi Matematica II B** – 6 cfu – II sem – I anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. C. Viola. **Argomenti principali:** Formula di Taylor. Serie numeriche. Integrali di funzioni di una variabile. Introduzione alle equazioni differenziali. **Testi consigliati:** E. Acerbi e G. Buttazzo, Primo corso di Analisi Matematica, Pitagora Editrice, Bologna, 1997. **Modalità d'esame:** prove in itinere, prove scritte e orali.

**MA30 – Analisi Matematica III A** – 8 cfu – I sem – II anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. M.K.V. Murthy. **Argomenti principali:** funzioni di più variabili reali, successioni e serie di funzioni; serie di Fourier; curve e superfici. Introduzione alla teoria della misura e dell' integrazione secondo Lebesgue; area e integrale di superficie e applicazioni a problemi di fisica. **Testi consigliati:** E. Giusti, volume II; J. Cecconi e G. Stampacchia volume II; P.Marcellini, volume II; W. Rudin. **Modalità d'esame:** prove in itinere, prove scritte e orali.

**MA30 – Analisi Matematica III B** – 8 cfu – I sem – II anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. A. Marino. **Argomenti principali:** serie e successioni di funzioni, serie di Fourier, derivate delle funzioni di più variabili, equazioni ordinarie, integrale multiplo, integrazione sulle varietà, curve e superfici. **Testi consigliati:** J. P. Cecconi, G. Stampacchia, Analisi matematica, secondo volume, Liguori Editore, 1980; E. Giusti, Analisi Matematica, secondo volume, Boringhieri, 1983; N. Fusco, P. Marcellini, C. Sbordone, Analisi Matematica II, Liguori Editore, 1996; C. D.

Pagani, S. Salsa, Analisi Matematica, secondo volume, Masson, 1991; G. Prodi, Lezioni di Analisi Matematica II, ETS Editrice, 1974. Sito web: <http://www.dm.unipi.it/~georgiev/fisica03-04.html>. **Modalità d'esame:** prove in itinere, prove scritte e orali.

**MA40 – Analisi Matematica IV** – 6 cfu – II sem – II anno – opzionale. **Titolare:** Prof. M.K.V. Murthy. **Argomenti principali:** funzioni implicite e diffeomorfismi locali, equazioni differenziali ordinarie. Principali risultati dell'integrale secondo Lebesgue, integrali superficiali, campi vettoriali e forme differenziali; teoremi di Gauss - Green, della divergenza e formula di Stokes, applicazioni. Introduzione al calcolo delle variazioni e applicazioni alla meccanica e relazione con equazioni a derivate parziali di interesse per la fisica. **Testi consigliati:** E. Giusti, volume II; J. Ceconni e G. Stampacchia volume II; P. Marcellini, volume II; W. Rudin. **Modalità d'esame:** prove scritte e orali.

**MD10 – Tecniche Fisiche di Diagnostica Biomedica** – 6 cfu – I sem – III anno – TF. **Titolare:** Prof. M. Emdin **Argomenti principali:** presentazione e discussione delle varie tecniche diagnostiche di interesse medico basate sull'utilizzo di segnali prodotti dall'organismo (ECG, EEG,...) o sulla risposta dell'organismo a stimoli esterni (TAC, ultrasuoni, ...). **Testi consigliati:** testi indicati dal docente durante il corso. **Modalità d'esame:** prova orale.

**MD20 – Introduzione alla Elaborazione di Segnali**– 6 cfu – II sem – III anno – TF. **Titolare:** Prof. A. Ripoli. **Argomenti principali:** caratteristiche dei sensori utilizzati per la registrazione di segnali fisiologici e tecniche di analisi dei dati ottenuti per estrarre informazioni utili per la diagnosi. **Testi consigliati:** testi indicati dal docente durante il corso. **Modalità d'esame:** prova orale.

**MD30 – Laboratorio di Fisica Medica I** – 6 cfu – II sem – III anno – TF. **Titolare:** Prof. M. G. Bisogni. **Argomenti principali:** interazioni radiazioni ionizzanti con la materia; Strumentazione e tecniche di misura delle radiazioni ionizzanti; Determinazione della qualità di fasci di raggi X prodotti da macchine radiogene; Dosimetria delle radiazioni ionizzanti; Tecniche sperimentali di "imaging" in emissione e trasmissione. Simulazioni Monte Carlo: esempi ed applicazioni in fisica medica. **Testi consigliati:** G.F. Knoll, Radiation detection and measurement, J.Wiley & Sons, New York; H. E. Johns, J.R. Cunningham, The Physics of radiology, C.C. Thomas, Springfield; Materiale didattico fornito dal docente. **Modalità d'esame:** esercitazioni di laboratorio e colloquio orale.

**MM10 – Metodi matematici I A** – 4 cfu – II sem – II anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. L. Bracci. **Argomenti principali:** spazi normati  $L^1$ ,  $L^2$ ,  $C^0$ . Serie di Fourier, funzione di Green, spazi di Hilbert, operatori unitari e isometrici. Trasformate di Fourier, convoluzione, operatori limitati e chiusi. **Testi consigliati:** G. Cicogna, dispense. Appunti forniti dal docente. **Modalità d'esame:** prove in itinere valide per superare lo scritto, prova orale. Esami scritti, orale a richiesta.

**MM10 – Metodi matematici I B** – 4 cfu – II sem – II anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. G. Cicogna. **Argomenti principali:** introduzione agli spazi di Hilbert, serie ed integrale di Fourier con applicazioni, introduzione alla delta di Dirac. **Testi consigliati:** G. Cicogna, dispense. **Modalità d'esame:** prove in itinere valide per superare l'esame, oppure prova scritta con eventuale prova orale.

**MM20 – Metodi matematici II A** – 6 cfu – I sem – III anno – opzionale. **Titolare:** Prof. L. Bracci. **Argomenti principali:** funzioni di variabile complessa, trasformazioni conformi e loro applicazioni, funzioni di Green, relazioni di dispersione, formule di Kramers-Kronig, causalità, distribuzioni temperate, trasformate di Fourier, convoluzione, distribuzioni periodiche. **Testi consigliati:** G. Cicogna, dispense. Appunti forniti dal docente. **Modalità d'esame:** prove in itinere valide per superare lo scritto, esami scritti, orale a richiesta.

**MM20 – Metodi matematici II B** – 6 cfu – I sem – III anno – opzionale. **Titolare:** Prof. G. Cicogna. **Argomenti principali:** operatori lineari tra spazi di Hilbert, funzioni di una variabile complessa, trasformate di Fourier e Laplace, distribuzioni, funzioni di Green. **Testi consigliati:** G. Cicogna, dispense; appunti del docente. **Modalità d'esame:** prova orale.

**MM30 - Metodi Matematici III A** - 3 cfu - I sem - III anno - opzionale. **Titolare:** L. Bracci. **Argomenti principali:** Gruppi finiti, rappresentazioni, caratteri, teoremi relativi, prodotto diretto e semidiretto di gruppi e loro rappresentazioni, Gruppi di Lie, algebre di Lie, loro rappresentazioni. **Testi consigliati:** G. Cicogna, dispense, altri testi suggeriti durante il corso. **Modalità d'esame:** prova orale.

**MM30 - Metodi Matematici III B** - 3 cfu - I sem - III anno - opzionale. **Titolare:** G. Cicogna. **Argomenti principali:** introduzione alle simmetrie in Fisica; gruppi discreti, gruppi e algebre di Lie. **Testi consigliati:** G. Cicogna, dispense, altri testi suggeriti durante il corso. **Modalità d'esame:** prova orale.

**MQ10 – Meccanica Quantistica I A** – 9 cfu – I sem – III anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. K. Konishi. **Argomenti principali:** principio di sovrapposizione equazione di Schroedinger, sistemi unidimensionali, bra e ket, momento angolare, sistemi tridimensionali, teoria delle perturbazioni. **Testi consigliati:** L.D. Landau e E.M. Lifshitz, Quantum Mechanics, Ed. Pergamon Press; K. Konishi e Paffuti, "Meccanica Quantistica: nuova introduzione", Edizioni PLUS (2005). **Modalità d'esame:** prove in itinere, esame scritto e orale.

**MQ10 – Meccanica Quantistica I B** – 9 cfu – I sem – III anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. P. Menotti. **Argomenti principali:** modello atomico Bohr-Sommerfeld, principio di indeterminazione, osservabili e stati, ortogonalità e degenerazione. Regole di commutazione, evoluzione temporale, potenziali in varie dimensioni, momento angolare, atomo di idrogeno. **Testi consigliati:** L.D. Landau e E.M. Lifshitz, Quantum Mechanics, Ed. Pergamon Press; P.A.M. Dirac, The Principles of Quantum Mechanics, Ed. Oxford. **Modalità d'esame:** prove in itinere, esame scritto e orale.

**MQ20 – Meccanica Quantistica II A** – 6 cfu – II sem – III anno – opzionale. **Titolare:** Prof. K. Konishi. **Argomenti principali:** teoria delle perturbazioni, livelli di Landau, particelle identiche, livelli energetici degli atomi e loro correzioni relativistiche. Effetti Stark e Zeeman. Teoria semiclassica della radiazione; quantizzazione del campo elettromagnetico. **Testi consigliati:** L.D. Landau e E.M. Lifshitz, Quantum Mechanics, Ed. Pergamon Press. **Modalità d'esame:** prova orale.

**MQ20 – Meccanica Quantistica II B** – 6 cfu – II sem – III anno – opzionale.

**Titolare:** Prof. E. D'Emilio. **Argomenti principali:** Approssimazione WKB. Teoria delle perturbazioni indipendenti e dipendenti dal tempo. Particelle cariche in campo magnetico e spin. Particelle identiche e principio di Pauli. Livelli energetici degli atomi con più elettroni. Correzioni relativistiche ai livelli energetici (cenni sul sistema periodico). Effetti Stark e Zeeman sugli atomi. Teoria semiclassica della radiazione e transizioni elettromagnetiche. Quantizzazione del campo elettromagnetico. **Testi consigliati:** L. E. Picasso: *Lezioni di Meccanica Quantistica* (ETS, Pisa, I, 2000). D. J. Griffiths, *Introduction to Quantum Mechanics* (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1995). J.J. Sakurai: *Meccanica Quantistica Moderna* (Zanichelli, Bologna, 1996). E. d'Emilio, L.E. Picasso: *Problemi di Meccanica Quantistica (con soluzioni)* (ETS, Pisa, 2003). J.-L. Basdevant, J. Dalibard: *The Quantum Mechanics Solver* (Springer, Heidelberg, D, 2000). **Modalità d'esame:** prova scritta e orale (non sono previste prove in itinere).

**OT10 – Complementi di Ottica** – 3 cfu – II sem – III anno – TF. **Titolare:** Prof. M. Lucchesi. **Argomenti principali:** riflessione e rifrazione, interferenza e diffrazione, polarizzazione, coerenza spaziale e temporale, dualismo onda particella, onde in mezzi materiali. **Testi consigliati:** *Onde e oscillazioni*, La Fisica di Berkely, edizioni Zanichelli. **Modalità d'esame:** prova orale.

**PL30 – Fisica dei Plasmi III** – 6 cfu – II sem – III anno – TF. **Titolare:** Prof. F. Pegoraro. **Argomenti principali:** Argomenti avanzati di fisica dei plasmi. **Modalità d'esame:** prova orale.

**SF10 – Storia della Fisica I+II** – 3+3 cfu – I + II sem – II anno – opzionale. **Titolare:** Prof. R. Vergara Caffarelli. **Argomenti principali:** **Primo semestre.** / *filosofi del moto da Aristotele a Simon Stevin*: i contributi di Aristotele, Archimede, Pappo, Erone, Giordano Nemorario, i calcolatori del Merton College, Buridano, Alberto di Sassonia, Oresme, Leonardo da Vinci, Tartaglia, Cardano, Buonamici, Moletto, Borro, Dal Monte, Benedetti, Stevin. **Modalità d'esame:** tesina scritta su un argomento a scelta attinente il corso, prova orale. **Secondo semestre.** L'evoluzione delle idee e l'analisi degli esperimenti realizzati da Galileo, utilizzando quanto egli ha pubblicato o ha lasciato scritto negli appunti inediti e nelle lettere. **Testi consigliati:** dispense fornite dal docente, articoli specialistici indicati nelle lezioni. **Modalità d'esame:** esperimenti nel Laboratorio di Galileo Galilei, con relazione scritta, prova orale.

**SM10 – Struttura della Materia I** – 5 cfu – I sem – III anno – obbligatorio. **Titolare:** Prof. E. Arimondo. **Argomenti principali:** principi di meccanica statistica; grandezze termodinamiche; distribuzioni di Gibbs, Fermi e Bose; fluttuazioni; stati elettronici nei cristalli. **Testi consigliati:** Kittel, Arimondo (*Lezioni di Struttura della Materia*). **Modalità d'esame:** prove in itinere e prova orale.

---

## Settori Scientifico Disciplinari di Fisica

### FIS/01 – Fisica sperimentale

Comprende le competenze necessarie per effettuare ricerche sperimentali, in particolare quelle per investigare i processi fisici e i principi di funzionamento della

strumentazione atta al controllo e alla rivelazione dei fenomeni, alla produzione e alla rivelazione delle radiazioni, alla metrologia e alla trattazione dei dati sperimentali. Comprende le competenze necessarie allo sviluppo e al trasferimento delle conoscenze per le tecnologie innovative. Le competenze di questo settore riguardano anche la ricerca nei campi dell'acustica, dell'elettronica, dell'elettromagnetismo e della termodinamica.

### FIS/02 – Fisica teorica, modelli e metodi matematici

Comprende le competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici e computazionali, nonché le competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici. Le competenze di questo settore riguardano anche la ricerca nei campi dei fondamenti della fisica, dei sistemi dinamici, degli aspetti statistici dei sistemi fisici complessi, della relatività speciale e generale e delle teorie relativistiche.

### FIS/03 – Fisica della materia

Comprende le competenze necessarie alla trattazione teorica e sperimentale degli stati di aggregati sia atomici sia molecolari, nonché le competenze atte alla trattazione delle proprietà di propagazione e interazione dei fotoni con i campi e con la materia. Le competenze di questo settore riguardano anche la ricerca nei campi della fisica atomica e molecolare, degli stati liquidi e solidi, dei composti e degli elementi metallici e semiconduttori, degli stati diluiti e dei plasmi, nonché della fotonica, dell'ottica dell'optoelettronica e dell'elettronica quantistica.

### FIS/04 – Fisica nucleare e subnucleare

Comprende le competenze necessarie allo studio, da un punto di vista sia teorico sia sperimentale, dei fenomeni nucleari, subnucleari, spettroscopici, dei fenomeni riguardanti le particelle costituenti e le loro interazioni fondamentali nonché le competenze necessarie all'investigazione degli sviluppi tecnologici e strumentali connessi. Le competenze di questo settore riguardano anche la ricerca nei campi della fisica legata ai reattori nucleari e alle sorgenti radiogene in genere, nonché nei campi dell'elettronica nucleare, della radioattività e della fisica delle particelle di origine cosmica.

### FIS/05 – Astronomia e astrofisica

Comprende le competenze necessarie allo studio, sia teorico, sia osservativo, dei fenomeni astronomici e astrofisici e cioè dei corpi celesti e dei sistemi di corpi celesti, della cosmologia, della fisica dei sistemi autogravitanti e della gravitazione soprattutto nei suoi aspetti classici, statistico-meccanici e computazionali, nonché della fisica spaziale e cosmica. Comprende anche le competenze atte allo sviluppo di metodologie e tecnologie innovative, osservative e computazionali, finalizzate all'approfondimento delle conoscenze specifiche. Le competenze di questo settore riguardano pure la ricerca nei campi della fisica del mezzo interstellare e intergalattico, dello studio dei fenomeni emissivi ad alte energie nonché dei metodi matematici e computazionali specifici del settore.

### FIS/06 – Fisica per il sistema terra e per il mezzo circumterrestre

Comprende le competenze necessarie alla definizione e al perfezionamento di metodologie fisiche e fisico-matematiche per lo studio della Terra solida e della Terra fluida e delle loro interazioni dinamiche, compresi i processi fisici di diffusione e turbolenza, del mezzo circumterrestre (incluse atmosfera, magnetosfera) e delle interazioni tra sistema Terra e sistema solare. Comprende anche le competenze atte alla progettazione, sviluppo e perfezionamento delle strumentazioni per le indagini sui macrosistemi terrestri e circumterrestri, nonché le competenze necessarie al perfezionamento e allo sviluppo delle metodiche di raccolta, trattazione e specifica interpretazione dei dati e della loro descrizione teorico-matematica.

**FIS/07 – Fisica applicata (a beni culturali, ambientali, biologia e medicina)**

Comprende l'applicazione di metodiche e tecniche fisiche innovative necessarie allo studio e alla conservazione dei beni culturali. Comprende anche le competenze atte allo studio e allo sviluppo di metodologie fisiche (teoriche e sperimentali) necessarie sia alla descrizione e alla comprensione della materia vivente nel contesto ambientale, biologico e medico, sia allo sviluppo e all'utilizzo della strumentazione necessaria al controllo e alla rivelazione di fenomeni fisici nell'ambito della prevenzione, diagnosi e cura. Le competenze di questo settore riguardano anche la ricerca nel campo dell'archeometria e della diagnostica dei beni culturali, della modellistica ambientale, della biofisica e delle tecniche fisiche della diagnostica biomedica, nonché nel campo della radioprotezione dell'uomo, dell'ambiente e delle cose.

**FIS/08 – Didattica e storia della fisica**

Comprende le competenze necessarie allo studio della storia della fisica a partire dalle origini delle idee fisiche e allo studio e allo sviluppo delle metodiche didattiche e di trasferimento dei concetti fondamentali e delle conoscenze della fisica. Le competenze di questo settore riguardano anche le problematiche storiche, epistemologiche e didattiche connesse con i fondamenti della fisica classica e moderna.