

# FACOLTA' DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI

## UNIVERSITA' DELLA CALABRIA

### Corso di Laurea Triennale in Fisica

#### Manifesto degli Studi

a.a. 2012/2013

#### Premessa

*Nell'a.a. 2012/2013 l'offerta formativa in Fisica della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali presso l'Università della Calabria, si attua con i corsi di Laurea in Fisica (triennale) "nuovo ordinamento" (DM270).*

*Nell'organizzare i nuovi corsi di studio in Fisica, si è tenuto conto delle potenzialità e delle competenze che la ricerca in Fisica nell'Università della Calabria ha sviluppato, in particolare nei settori dell'astrofisica, della fisica dei plasmi, della fisica dei solidi e delle superfici, della fisica e della biofisica molecolare, della fisica nucleare, della fisica biomedica, della fisica sperimentale delle particelle elementari, della fisica teorica delle interazioni fondamentali, della materia condensata, della geofisica e della fisica dell'ambiente.*

*Sulla base di queste competenze e di queste attività di ricerca, che i professori e ricercatori del **Dipartimento di Fisica** svolgono in collaborazione con le istituzioni e i laboratori nazionali e internazionali più prestigiosi nel mondo, i **corsi di studio in Fisica** dell'Università della Calabria offrono ai giovani curiosi, vivaci e culturalmente ambiziosi, un servizio didattico, di formazione, di apprendistato e di specializzazione al livello dei più prestigiosi centri di formazione internazionali.*

*I corsi di studio in fisica sono quindi stati organizzati, da un lato, per formare e preparare i giovani capaci e meritevoli ad una competizione globale nel campo della ricerca e dell'innovazione scientifica, dall'altro per sfruttare le enormi potenzialità della cultura fisica, dei metodi e delle tecnologie sviluppati nell'ambito della ricerca, allo scopo di immettere sul mercato del lavoro professionalità nuove, adeguate e aggiornate.*

## 1. Curricula

### *Laurea Triennale in Fisica*

Il Corso di Laurea Triennale in Fisica è istituito con lo scopo primario di fornire una solida preparazione in Fisica attraverso materie di base, caratterizzanti ed affini. La formazione dei laureati permetterà loro di cogliere gli aspetti essenziali e qualificanti di un fenomeno naturale o prodotto dalle attività umane, e di costruire un modello che possa descrivere il fenomeno stesso. I laureati dovranno anche sapere fare delle misure, facendo scelte critiche di utilizzo delle innovazioni tecnologiche, interpretare le misure stesse e costruirne un modello interpretativo. La preparazione conseguita dovrà inoltre avere insegnato al laureato come aggiornarsi e come adattarsi con estrema versatilità alle esigenze dei problemi da studiare e quindi alle necessità di un mondo del lavoro in rapida evoluzione. Il percorso formativo poggia su insegnamenti di base in ambito disciplinare di Matematica ed Informatica, di Chimica e di Fisica per un minimo di 40 CFU e si caratterizza attraverso le attività di Fisica sperimentali e teoriche. Le attività di laboratorio sono previste per quasi tutte le materie di insegnamento per circa 33CFU e avranno un importante ruolo nella formazione del laureato. Le attività formative e didattiche integrative pari a 20CFU permettono il completamento della preparazione dello studente anche in settori già inclusi nelle attività formative di base. La prova finale è parte della formazione dello studente e la completa dandogli la possibilità di dimostrare il grado di formazione raggiunto.

## 2. Ammissione al primo anno

### *Laurea in fisica*

Nell'anno accademico 2012/2013 potranno essere immatricolati nel Corso di **Laurea in Fisica 75 studenti**. Gli studenti dovranno sostenere un test di verifica nel mese di settembre 2011; coloro che non supereranno la prova di verifica dovranno seguire un corso appositamente organizzato dalla Facoltà di Scienze Mat. Fis. Nat. per colmare le loro lacune culturali. I contenuti, la data e le modalità di svolgimento del test sono definiti nel bando di ammissione.

## 3. Programmazione e organizzazione didattica

### *Organizzazione temporale*

Il corso di **laurea triennale in Fisica (DM270)**, come tutti i nuovi corsi di laurea dell'Università della Calabria è organizzato in semestri.

### *Insegnamenti e moduli*

Gli insegnamenti del corso di laurea in fisica triennale corrispondono ad argomenti chiaramente individuabili attraverso il titolo dell'insegnamento stesso. Alcuni di questi insegnamenti sono articolati in moduli pur essendo unico, l'esame. Gli insegnamenti che gli studenti devono seguire (piano degli studi) sono elencati nell'**allegato 1**, mentre la loro successione temporale nei semestri e la loro classificazione è presentata negli **allegati 2, 2 a**. Nell'**allegato 3** è mostrata l'articolazione in moduli di alcuni insegnamenti integrati e nell'**allegato 4** i programmi dei vari insegnamenti. Gli insegnamenti consigliati per le materie a scelta sono nell'**allegato 5**.

### *Obblighi di frequenza, verifiche del profitto, esami*

1. La frequenza ai corsi è di norma obbligatoria anche per gli studenti non a tempo pieno. La frequenza a tutte le altre attività di laboratorio è obbligatoria, tuttavia, possono essere esentati dalle attività specifiche di laboratorio solo quegli studenti con documentati problemi di salute. Il mancato ottenimento delle presenze ritenute indispensabili comporta l'automatico obbligo alla ripetizione delle stesse secondo modalità stabilite dal Consiglio di Corso di Laurea.

2. Il docente accerta la frequenza con modalità che debbono essere adeguatamente pubblicizzate dal docente stesso all'inizio del corso. La firma di frequenza deve essere necessariamente rilasciata o negata alla fine del corso; nel caso in cui la firma venga negata, ciò dovrà essere adeguatamente motivato in termini di

accertata e documentata mancata frequenza in base alle modalità rese pubbliche dal docente stesso all'inizio del corso.

3. Per ottenere l'attestazione di frequenza di ogni singolo insegnamento è necessario aver frequentato almeno il 70% delle ore complessive di lezioni.

4. Lo studente ha comunque diritto, sempre che ne faccia richiesta all'inizio dei corsi, al rilascio da parte del docente di una dichiarazione attestante la sua presenza al corso.

5. Di norma, alla fine di ogni corso, tutti gli studenti in regola con l'iscrizione e le relative tasse, ne sostengono l'esame. Per gli studenti che non raggiungono la sufficienza possono essere organizzate attività didattiche di sostegno nella forma di "tutoraggio"; questi studenti possono sostenere la prova di esame nelle previste sessioni di recupero. Nel caso siano previsti più appelli di esame alla fine di ogni semestre, gli studenti iscritti regolarmente in corso potranno partecipare a uno solo degli appelli.

6. Le prove di accertamento del profitto sostenute con esito negativo non comportano necessariamente l'attribuzione di un voto, salvo che tale voto confluisca in un voto complessivo di insegnamento che dovrà comportare comunque un esito positivo della prova. Gli studenti possono ripetere gli esami non superati relativi agli insegnamenti e alle altre attività didattiche, nelle relative sessioni di recupero previste dal calendario degli esami.

7. La commissione di accertamento del profitto per i corsi di insegnamento dovrà esprimere un voto in trentesimi per ognuno degli studenti a valle di una prova in forma scritta o pratica, in forma orale, o in forma scritta o pratica e orale. La prova scritta non può essere esclusivamente costituita da test a risposta multipla. Se tale prova risulta superata, lo studente può comunque chiedere di sostenere l'orale. L'esame è superato se la votazione ottenuta è non inferiore a 18/30. La votazione di 30/30 può essere accompagnata, a giudizio unanime della commissione esaminatrice, dalla lode. Nel caso di insegnamenti comprendenti attività di laboratorio, le prove scritte sono integrate da una prova di laboratorio.

#### *Iscrizione agli anni successivi al primo*

Gli studenti del corso di **laurea in fisica** che abbiano superato con successo tutti gli obblighi formativi previsti dal piano di studio ufficiale del curriculum cui sono iscritti, sono considerati "regolarmente in corso" nell'a.a. successivo. Gli studenti che non soddisfino tali condizioni vengono considerati "non regolarmente" in corso. In tal caso entro la fine del mese di settembre essi devono presentare un piano di studio per l'a.a. successivo concordato con il docente-tutor. In questo piano di studio oltre ad inserire i insegnamenti in cui non abbiano riportato una votazione sufficiente e che appartengono ad insegnamenti non superati, possono inserire insegnamenti previsti per l'a.a. successivo, la cui frequenza sia compatibile, dal punto di vista della propedeuticità e della collocazione nell'orario delle lezioni.

Gli studenti che non abbiano acquisito almeno 25 crediti alla fine del primo anno accademico, almeno 60 crediti alla fine del secondo anno accademico e almeno 95 crediti alla fine del terzo anno accademico, perdono il diritto a continuare i loro studi nel corso di laurea in fisica.

Lo studente ha comunque la facoltà di rinunciare a gli studi intrapresi e partecipare alle procedure di ammissione per un nuovo corso di studi con il riconoscimento della precedente carriera. Lo studente non può comunque essere iscritto contemporaneamente a due corsi di studio.

### *Piani di studio*

**Entro il mese di dicembre del primo anno di corso**, gli studenti del corso di **laurea in fisica** presentano al presidente del CCL ogni variazione del piano di studio in cui saranno indicati i titoli degli insegnamenti a scelta dello studente e le opzioni tra le altre attività formative ove previste; tale scelta sarà comunque preceduta da un incontro organizzato dal presidente del CLF in fisica, nel quale verranno presentati agli studenti i differenti percorsi formativi. Il piano di studio deve essere visto dal docente-tutor ed approvato dal consiglio di corso di laurea. Eventuali proposte di modifica a questo piano di studio potranno essere presentate con le stesse modalità, **entro il 30 aprile. Essi vengono approvati dal consiglio di corso di laurea e trasmessi all'Area Didattica non oltre il 31 maggio.**

### *Insegnamenti a scelta*

Nel terzo anno di corso di laurea in fisica gli studenti devono seguire uno o più insegnamenti scelti da loro, per un totale di 10 crediti. Gli insegnamenti suggeriti a tal fine per il corso di laurea triennale in fisica per l'a.a. 2010/2011 sono riportati nell'allegato 5.

Tali insegnamenti potranno essere attivati se inseriti nel piano di studio da un numero congruo di studenti definito dal consiglio di corso di studi in fisica.

### *Iscrizione a singoli insegnamenti*

Al fine di acquisire i requisiti curriculari necessari all'iscrizione ai corsi di studio in Fisica, è possibile iscriversi ad uno o più insegnamenti del corso di studi. L'accettazione è subordinata al parere favorevole del consiglio di corso di studi in fisica. Gli studenti hanno diritto a sostenere le prove di accertamento del profitto relative a gli insegnamenti cui risultano iscritti. La contribuzione dovuta per l'iscrizione a singoli insegnamenti è pari alla frazione della contribuzione dovuta dagli studenti ordinari corrispondente al rapporto tra il numero dei crediti dei singoli insegnamenti e i crediti di un intero anno (60).

### *Passaggi da altri corsi di laurea*

Ferme restando le altre disposizioni in merito, le iscrizioni ad anni successivi al primo di studenti provenienti da altri corsi di studio sono ammesse fino alla copertura per ciascun anno di un numero dei posti non superiore a quello messo a concorso per il primo anno del ciclo. Nel caso di domande in sovrannumero rispetto al limite appena definito, viene stilata una graduatoria utilizzando criteri che tengono conto del numero dei crediti già acquisiti e della media dei voti riportati dai richiedenti.

### *Passaggi dal vecchio al nuovo ordinamento*

Gli studenti iscritti al corso di laurea in fisica del vecchio ordinamento possono presentare al Rettore, richiesta di iscrizione al nuovo ordinamento entro il 30 settembre p.v.. Il consiglio di corso di laurea, valuterà gli esami sostenuti e, dopo aver determinato, sulla base della tabella presentata nell' **allegato 6**, quali e quanti crediti riconoscere nel nuovo ordinamento, deciderà a quale anno di corso lo studente debba essere iscritto.

## ALLEGATO 1: Piano di studio della Laurea in Fisica (DM270)

### **1° anno, 1° semestre, 27CFU**

Analisi Matematica I (10CFU)  
Introduzione al Metodo Sperimentale (7CFU)  
Chimica Generale (5CFU)  
Informatica (5CFU)

### **1° anno, 2° semestre, 33CFU**

Geometria (10CFU)  
Meccanica e Laboratorio (13CFU)  
Termodinamica e Laboratorio (5CFU)  
Inglese I (5CFU)

### **2° anno, 1° semestre, 30CFU**

Metodi Numerici (5CFU)  
Analisi Matematica II (10CFU)  
Elettromagnetismo e laboratorio (10CFU)  
Meccanica Superiore (Modulo di Meccanica Analitica) (5CFU)

### **2° anno, 2° semestre, 30CFU**

Meccanica Superiore (Moduli di Meccanica dei Fluidi e Meccanica Statistica) (10CFU)  
Metodi Matematici della Fisica (10CFU)  
Fenomeni ondulatori e laboratorio (10CFU)

### **3° anno, 1° semestre, 30CFU**

Laboratorio di Fisica Moderna (5CFU)  
Meccanica Quantistica 1 (10CFU)  
Elettronica (10CFU)  
Fenomenologia delle strutture fisiche  
(Modulo di Atomi, molecole e solidi) (5CFU)

### **3° anno; 2° semestre, 30CFU**

Esame a scelta (15CFU)  
Fenomenologia delle strutture fisiche  
(Moduli di Nuclei e particelle; Stelle e galassie) (10CFU)  
Prova finale (5CFU)

## ALLEGATO 2: Classificazione degli insegnamenti <sup>1</sup> ( )

| Insegnamento | Attività formativa | SSD | CFU | CFU lez | CFU es-lab |
|--------------|--------------------|-----|-----|---------|------------|
|--------------|--------------------|-----|-----|---------|------------|

**1° anno;  
1° semestre**

|  |         |         |           |   |     |
|--|---------|---------|-----------|---|-----|
| Analisi Matematica I <sup>1</sup>                | Di base | MAT/05  | <b>10</b> | 7 | 3+0 |
| Introduzione al Metodo Sperimentale <sup>3</sup> | Di base | FIS/01  | <b>7</b>  | 4 | 2+1 |
| Chimica Generale <sup>1</sup>                    | Di base | CHIM/03 | <b>5</b>  | 3 | 2+0 |
| Informatica <sup>1</sup>                         | Di base | INF/01  | <b>5</b>  | 3 | 2+0 |

**1° anno;  
2° semestre**

|  |                      |               |           |   |     |
|--|----------------------|---------------|-----------|---|-----|
| Geometria <sup>1</sup>                   | Affine o integrativa | MAT/03        | <b>10</b> | 7 | 3+0 |
| Meccanica e Laboratorio <sup>3</sup>     | Di base              | FIS/01        | <b>13</b> | 8 | 3+2 |
| Termodinamica e Laboratorio <sup>3</sup> | Caratterizzante      | FIS/01        | <b>5</b>  | 3 | 1+1 |
| Inglese I                                | Altre attività       | L-<br>LING/12 | <b>5</b>  | 5 |     |



**2° anno;  
1° semestre**

| <b>Insegnamento</b>  | <b>Attività formativa</b> | <b>SSD</b> | <b>CFU</b> | <b>CFU lez</b> | <b>CFU es-lab</b> |
|--|---------------------------|------------|------------|----------------|-------------------|
| Metodi Numerici <sup>2</sup>   | Caratterizzante           | FIS/02     | <b>5</b>   | 3              | 0+2               |
| Analisi Matematica II <sup>1</sup>                                       | Affine o integrativa      | MAT/05     | <b>10</b>  | 7              | 3+0               |
| Elettromagnetismo e laboratorio <sup>3</sup>                             | Caratterizzante           | FIS/01     | <b>10</b>  | 6              | 2+2               |
| Meccanica Superiore <sup>3</sup> (Modulo di <u>Meccanica Analitica</u> ) | Caratterizzante           | FIS/02     | <b>5</b>   | 3              | 2+0               |

**2° anno;  
2° semestre**

|   |                 |        |           |   |     |
|---|-----------------|--------|-----------|---|-----|
| Meccanica Superiore (Moduli di <u>Meccanica dei Fluidi e Meccanica Statistica</u> ) | Caratterizzante | FIS/03 | <b>5</b>  | 3 | 1+1 |
|   |                 | FIS/02 | <b>5</b>  | 3 | 2+0 |
| Metodi Matematici della Fisica <sup>1</sup>   | Caratterizzante | FIS/02 | <b>10</b> | 7 | 3+0 |
| Fenomeni ondulatori e laboratorio <sup>3</sup>                                      | Caratterizzante | FIS/03 | <b>10</b> | 6 | 2+2 |

**3° anno;  
1° semestre**

| <b>Insegnamento</b>                                | <b>Attività formativa</b> | <b>SSD</b> | <b>CFU</b> | <b>CFU lez</b> | <b>CFU es-lab</b> |
|--|---------------------------|------------|------------|----------------|-------------------|
| Laboratorio di Fisica Moderna <sup>2</sup>         | Caratterizzante           | FIS/03     | <b>5</b>   | 3              | 0+2               |
| Meccanica Quantistica 1 <sup>1</sup>               | Caratterizzante           | FIS/02     | <b>10</b>  | 7              | 3+0               |
| Elettronica <sup>2</sup>                           | Caratterizzante           | FIS/01     | <b>10</b>  | 6              | 0+4               |
| Fenomenologia delle strutture fisiche <sup>1</sup> | Caratterizzante           | FIS/03     | <b>5</b>   | 4              | 1+0               |

**3° anno;  
2° semestre**

|  |                 |                  |           |        |            |
|--|-----------------|------------------|-----------|--------|------------|
| Esame a scelta                                     | Altre attività  |                  | <b>15</b> |        |            |
| Fenomenologia delle strutture fisiche <sup>1</sup> | Caratterizzante | FIS/04<br>FIS/05 | <b>10</b> | 4<br>4 | 1+0<br>1+0 |
| Prova finale                                       |                 |                  | <b>5</b>  |        |            |

(<sup>1</sup>) Tipo di attività:

1 - Corsi di lezioni ed esercitazioni in piccoli gruppi

2 - Attività di laboratorio

3 - Corsi di lezioni, esercitazioni numeriche e di laboratorio

| Anno | Sem | Insegnamento   | Attività formativa   | Discipline   | SSD              | CFU    | CFU<br>lez | CFU<br>es-lab | CFU<br>seme-<br>stre | CFU<br>anno |
|------|-----|--|----------------------|--|------------------|--------|------------|---------------|----------------------|-------------|
| 1°   | 1°  | Chimica Generale   | Di base              | Chimiche   | CHIM/03          | 5      | 3          | 2+0           | 27                   | 60          |
|      |     | Analisi Matematica I   | Di base              | Matematiche e Informatiche   | MAT/05           | 10     | 7          | 3+0           |                      |             |
|      |     | Introduzione al Metodo Sperimentale  | Di base              | Fisiche  | FIS/01           | 7      | 4          | 2+1           |                      |             |
|      |     | Informatica  | Di base              | Matematiche e Informatiche   | INF/01           | 5      | 3          | 2+0           |                      |             |
|      | 2°  | Geometria  | Affine o integrativa |  | MAT/03           | 10     | 7          | 3+0           | 33                   |             |
|      |     | Meccanica e Laboratorio  | Di base              | Fisiche  | FIS/01           | 13     | 8          | 3+2           |                      |             |
|      |     | Termodinamica e Laboratorio  | Caratterizzante      | Sperimentale Applicativo   | FIS/01           | 5      | 3          | 1+1           |                      |             |
|      |     | Inglese I  | altre attività       |  | L-LING/12        | 5      | 5          |               |                      |             |
| 2°   | 1°  | Metodi Numerici  | Caratterizzante      | Teorico e dei fondamenti della Fisica  | FIS/02           | 5      | 3          | 0+2           | 30                   | 60          |
|      |     | Analisi Matematica II  | Affine o integrativa |  | MAT/05           | 10     | 7          | 3+0           |                      |             |
|      |     | Elettromagnetismo e laboratorio  | Caratterizzante      | Sperimentale Applicativo   | FIS/01           | 10     | 6          | 2+2           |                      |             |
|      |     | Meccanica Superiore (Meccanica Analitica)  | Caratterizzante      | Teorico e dei fondamenti della Fisica  | FIS/02           | 5      | 3          | 2+0           |                      |             |
|      | 2°  | Meccanica Superiore (Meccanica dei Fluidi e Meccanica Statistica)  | Caratterizzante      | Microfisico e della Struttura della Materia<br>Teorico e dei fondamenti della Fisica | FIS/03<br>FIS/02 | 5<br>5 | 3<br>3     | 1+1<br>2+0    | 30                   |             |
|      |     | Metodi Matematici della Fisica   | Caratterizzante      | Teorico e dei fondamenti della Fisica  | FIS/02           | 10     | 7          | 3+0           |                      |             |
|      |     | Fenomeni ondulatori e laboratorio  | Caratterizzante      | Microfisico e della Struttura della Materia  | FIS/03           | 10     | 6          | 2+2           |                      |             |
|      |     | Laboratorio di Fisica Moderna  | Caratterizzante      | Microfisico e della Struttura della Materia  | FIS/03           | 5      | 3          | 0+2           |                      |             |
| 3°   | 1°  | Meccanica Quantistica 1  | Caratterizzante      | Teorico e dei fondamenti della Fisica  | FIS/02           | 10     | 7          | 3+0           | 30                   | 60          |
|      |     | Elettronica  | Caratterizzante      | Sperimentale Applicativo   | FIS/01           | 10     | 6          | 0+4           |                      |             |
|      |     | Fenomenologia delle strutture fisiche (Atomi, molecole e solidi; Nuclei e particelle; Stelle e galassie) | Caratterizzante      | Microfisico e della struttura della materia  | FIS/03           | 5      | 4          | 1+0           |                      |             |
|      |     | Esame a scelta   | Altre attività       |  |                  | 15     |            |               |                      |             |
|      | 2°  | Fenomenologia delle strutture fisiche (Atomi, molecole e solidi; Nuclei e particelle; Stelle e galassie) | Caratterizzante      | Microfisico e della struttura della materia  | FIS/04           | 5      | 4          | 1+0           | 30                   |             |
|      |     |  |                      | Astrofisico, geofisico e spaziale  | FIS/05           | 5      | 4          | 1+0           |                      |             |
|      |     | Prova finale   |                      |  |                  | 5      |            |               |                      |             |

### **ALLEGATO 3: Articolazione in moduli degli insegnamenti integrati**

**Meccanica Superiore** è costituito dai moduli di

- Meccanica Analitica            FIS/02    5 crediti
- Meccanica dei Fluidi           FIS/03    5 crediti
- Meccanica Statistica           FIS/02    5 crediti

per un totale di **15 crediti**

**Fenomenologia delle Strutture fisiche** è costituito dai moduli di

- Atomi, molecole e solidi       FIS/03    5 crediti
- Nuclei e particelle            FIS/04    5 crediti
- Stelle e Galassie               FIS/05    5 crediti

per un totale di **15 crediti.**

## ALLEGATO 4. Programmi degli Insegnamenti

### GEOMETRIA

– Dip. Matematica

Periodo: I anno, I semestre ;

Tipologie didattiche: 56h Lez; 36h Eserc.; 0hLab; 10 CFU

**Prerequisiti** : elementi di base di matematica e fisica

**Obiettivi formativi**: fornire allo studente i concetti di base della geometria e dell'algebra.

**Contenuto dell'attività formativa**:

Coordinate cartesiane, sferiche e cilindriche. Vettori. Numeri complessi. Prodotto scalare e vettoriale. Rotazione degli assi. Matrici. Determinanti. Sistemi di equazioni lineari. Metodo di eliminazione di Gauss. Teorema di Rouché - Capelli. Regola di Cramer. Elementi di geometria analitica nel piano e nello spazio. Coniche. Classificazione delle coniche. Proprietà delle coniche.

Spazi vettoriali. Sottospazi vettoriali. Sottospazi affini. Applicazioni lineari. Operatori lineari. Autovalori e autovettori. Trasformazioni unitarie e ortogonali. Matrici simmetriche, hermitiane, unitarie e ortogonali. Diagonalizzazione di operatori lineari e di matrici. Spazi euclidei. Basi ortonormali. Algoritmo di ortonormalizzazione. Isometrie. Isometrie del piano e dello spazio. Formule di Grassmann. Applicazioni affini. Equazioni parametriche e cartesiane di sottospazi affini.

**Struttura della verifica di profitto**:

**Descrizione della verifica di profitto**:

**Testi di riferimento**:

### ANALISI MATEMATICA I

– Dip. Matematica

Periodo: I anno, I semestre ;

Tipologie didattiche: 56h Lez; 36h Eserc.; 0hLab; 10CFU

**Prerequisiti** : elementi di base di matematica

**Obiettivi formativi**: fornire allo studente i mezzi per lo studio di funzioni, per la derivazione e per calcolare le successioni e le serie numeriche .

**Contenuto dell'attività formativa**:

La retta ed i numeri reali;

Successioni numeriche e loro proprietà: successioni convergenti e limitate, valori di aderenza, minimo e massimo limite di una successione;

Successioni fondamentali: criterio di convergenza di Cauchy;

Serie numeriche;

Funzioni elementari, funzioni composte e loro inverse;

Limiti e continuità per una funzione di variabile reale: teoremi principali;

Derivate, regole di derivazione ed applicazioni;

Formula di Taylor ed approssimazioni con polinomi. Confronti asintotici;

Primitive e regole d'integrazione. Teorema fondamentale del calcolo.

Equazioni differenziali lineari del primo e del secondo ordine. Equazioni a variabili separabili;

**Struttura della verifica di profitto**: prova scritta ed esame orale obbligatorio.

**Descrizione della verifica di profitto**: La prova scritta verterà sulle tipologie di esercizi svolti durante il corso; la prova orale sui concetti introdotti e le dimostrazioni fatte durante il corso.

**Testi di riferimento**: P. Marcellini, C. Sbordone, Elementi di Analisi Matematica uno-Versione semplificata per i nuovi corsi di laurea, Liguori Editore.

## INTRODUZIONE AL METODO SPERIMENTALE

.Dip. Fisica

Periodo: I anno, I semestre ;

Tipologie didattiche: 32hLez; 24h Eser; 12hLab; 7CFU

**Prerequisiti** : elementi di base di matematica e fisica

**Contenuto dell'attività formativa** :

### **Grandezze Fisiche e Sistemi di Unità di Misura.**

Il metodo scientifico; definizione operativa di grandezza fisica, misura; misure di rette e indirette, omogenee; grandezze fondamentali; sistemi unità di misura; grandezze derivate; equazioni dimensionali; grandezze adimensionali; notazione scientifica; cambio del sistema di unità di misura; unità di misura fuori sistema.

### **Errori di Misura**

Errori nelle misure, incertezze; errori sistematici e casuali; calibrazione, sensibilità e precisione di strumenti; media campionaria e media di una popolazione; errore di una misura diretta; errore massimo ed errore quadratico medio; varianza; cifre significative; errore massimo per una misura indiretta, propagazione degli errori; errore relativo.

### **Elaborazione Statistica dei Dati Sperimentali**

Elementi di calcolo combinatorio; elementi di teoria delle probabilità; distribuzioni di probabilità di variabili aleatorie discrete: leggi di distribuzione, valore atteso e varianza di una variabile aleatoria discreta, legge di distribuzione binomiale di Bernoulli, legge di distribuzione di Poisson; distribuzioni di probabilità di variabili aleatorie continue: densità di probabilità, valore atteso e varianza di una variabile aleatoria continua; distribuzione uniforme, distribuzione di Gauss o normale; probabilità per il valore di una misura, variabile standardizzata, significato probabilistico della deviazione standard, il teorema del limite centrale, varianza della media, livello di confidenza e intervallo di fiducia; rigetto dei dati, criterio di Chauvenet.

### **Misure Indirette**

Stima del valore vero e deviazione standard di una grandezza derivata; formula generale di propagazione dell'errore; deviazione standard della media; disuguaglianza di Schwarz.

### **Stimatori dei Parametri di Distribuzioni**

Metodo della massima verosimiglianza, media aritmetica, moda e mediana; stima del parametro della distribuzione binomiale e della distribuzione di Poisson; stima dei parametri della distribuzione di Gauss; stima dei parametri della funzione di distribuzione delle medie, media pesata.

### **Distribuzioni di Probabilità di Piccoli Campioni**

Legge di distribuzione della variabile t di Student, livelli di confidenza e intervalli di fiducia nella distribuzione di Student, e semplicità di applicazione; distribuzione di Fisher; definizione generale della variabile chi-quadrato, funzione di distribuzione e intervalli di fiducia della variabile chi-quadrato.

### **Test del chi-quadrato per la verifica di una distribuzione di probabilità attesa**

Impostazione del test del chi-quadrato; chi-quadrato ridotto; livelli di significatività.

### **Adattamento di una Relazione Funzionale ai Dati Sperimentali**

Metodo dei minimi quadrati; retta dei minimi quadrati, errori dei parametri della retta dei minimi quadrati, errore standard della stima; adattamento di relazioni funzionali ai dati sperimentali; ricerca della forma di una dipendenza funzionale – uso del chi-quadrato test; coefficiente di correlazione lineare, interpolazioni, estrapolazioni.

### **Laboratorio (#4 esperienze)**

- misure con strumenti sensibili: determinazione di una grandezza fisica indiretta;
- distribuzione gaussiana da una serie di misure;
- distribuzione di probabilità nel decadimento di una sostanza radioattiva;
- deduzione della legge del periodo del pendolo semplice.

**Struttura della verifica di profitto:** esame singolo

**Descrizione della verifica di profitto:** prova scritta e orale e/o prova pratica di laboratorio

**Testi di riferimento** (consigliati):

G. C. annelli - Metodologie sperimentali in Fisica - EdiSes  
J.R. T aylor - Introduzione all'analisi degli errori - Zanichelli  
H.D. Y ounge - Elaborazione statistica dei dati sperimentali - CISU  
M. Dapor e M. Ropele - Elaborazione dei dati sperimentali - Springer

## **CHIMICA GENERALE** Dipartimento di Chimica

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Tipologie didattiche:** 24h Lez., 24h Eser.; 0h Lab; 5CFU

**Prerequisiti:** elementi di base di matematica e fisica

**Obiettivi formativi:** fornire allo studente i concetti di base della chimica generale e le sue leggi.

### **Contenuto dell'attività formativa:**

Elementi, composti, miscele. Massa atomica e molecolare. Richiamo alle regole di nomenclatura inorganica. Composizione percentuale. Masse atomiche relative. Composizione elementare e formule empiriche. Equazioni chimiche e reazioni chimiche: bilanciamento e resa di reazione. Concetto di mole. Massa e quantità molari. Resa percentuale.

Il sistema periodico degli elementi: relazione con la struttura atomica ed utilizzo. Descrizione generale delle interazioni di legame chimico.

Equilibrio chimico e costanti di equilibrio: significato e caratteristiche. Equilibri omogenei e eterogenei. Fattori che influenzano l'equilibrio. Equilibri in soluzione acquosa: acidi e basi di Brønsted-Lowry. Equilibri di solubilità.

**Struttura della verifica di profitto:** Prova scritta

**Descrizione della verifica di profitto:** La prova scritta richiede la soluzione esercizi stechiometrici e la risposta a quesiti sugli aspetti teorici degli argomenti trattati.

### **Testi di riferimento:**

I. Bertini, C. Luchinat, F. Mani CHIMICA

Ed. Ambrosiana (ISBN 88-408-1285-7)

C. Zanchini EQUILIBRI CHIMICI IN SOLUZIONE: UN'INTRODUZIONE

Ed. Aracne (ISBN 978-88-548-1677-0)

Inoltre:

P. W. Atkins, L. Jones CHIMICA GENERALE

Ed. Zanichelli (ISBN: 8808091848 ISBN-13: 9788808091840)

J. Kotz, P. Treichel Jr., R. F. Weaver CHIMICA

Ed. Edises (ISBN: 9788879593762)

## **INGLESE 1** Dip. Di Linguistica

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Tipologie didattiche:** 40 hLez.; 5 CFU

**Prerequisiti :** elementi di base d'Inglese (livello A2 del Common European Framework: CEF)

**Obiettivi formativi :** fornire allo studente una base solida d'Inglese generale al livello B1 del CEF.

### **Contenuto dell'attività formativa :**

FORM: determiners; nouns, pronouns; present simple; present progressive; simple past; conjunctions; clauses (declarative, interrogative, negative); syntax. VOCABULARY & FUNCTION: everyday events (e.g. food, drink, simple information exchange, house, hobbies & leisure, people, entertainment, services, weather, work); travel & holidays; language, health, study & work abroad etc.

**Struttura della verifica di profitto :** Esame Unico

**Descrizione verifica profitto :** Prova scritta consistente nello svolgimento di esercizi su argomenti svolti durante il corso.

### **Testi di riferimento:**

I testi sono consigliati all' inizio del corso;

consigliati come testi aggiuntivi:

*English Grammar in Use*, Cambridge University Press

*English Vocabulary in Use*, Cambridge University Press

## **INFORMATICA**

Dip. di Matematica

**Periodo:** I anno; 2° semestre

**Tipologia didattiche:** 24hLez; 0hEserc; 24hLab; 5CFU

**Prerequisiti :** elementi di base di matematica

**Obiettivi formativi :** L'obiettivo formativo principale del corso è quello di fare acquisire allo studente una significativa mentalità algoritmica, di cui potersi avvalere nel corso degli studi, e dotarlo di una base conoscitiva di un qualche linguaggio generale di programmazione per lo sviluppo di programmi non banali.

**Contenuto dell'attività formativa :**

1) Elementi introduttivi. Il concetto di algoritmo. Struttura e funzionamento di un elaboratore elettronico. Cenni sui sistemi operativi e sul linguaggio assembler. Algoritmi e concetti generali sulla programmazione. Algoritmi elementari. Livelli di complessità degli algoritmi. Rappresentazione degli algoritmi.

2) Aritmetica degli elaboratori e calcolo proposizionale. Sistemi di rappresentazione numerica e simbolica negli elaboratori e modalità delle operazioni base. Concetto di proposizione logica, connettivi proposizionali, tavole di verità, teoremi fondamentali, forme disgiuntive normali.

3) Principali caratteristiche del linguaggio di programmazione C++.

- Nozioni introduttive: Struttura di un programma. La funzione main. Librerie. Operazioni di ingresso/uscita. Concetto di variabile. Inizializzazione e assegnamento. Costanti.

- Tipi Primitivi: Tipi interi, tipi reali, tipo char, tipo bool. Espressioni aritmetiche e booleane. Priorità degli operatori. Conversioni di tipo e operazioni di cast.

- Strutture di Controllo: Istruzioni semplici e composte, definizione di blocco di istruzioni, visibilità delle variabili. Istruzioni condizionali: IF-ELSE e SWITCH. Istruzioni di iterazione WHILE, DO-WHILE e FOR. L'istruzione BREAK e GOTO. Operatore "virgola" e operatore condizionale triadico

- Funzioni: Dichiarazione di funzione. Parametri formali e valore di ritorno. Passaggio per valore e passaggio per riferimento. Concetto di ricorsione. Funzioni ricorsive. Principi di buona programmazione.

- Tipi strutturati: Array multidimensionali Caratteri e stringhe. Tipo di dato "struct". Alcuni algoritmi notevoli.

- Puntatori e semplici strutture di dati: Dichiarazione di puntatore, inizializzazione, manipolazione e passaggio come parametri a funzioni. Cenni a semplici strutture di dati e algoritmi di gestione: pile, code e alberi.

**Laboratorio** Il laboratorio è strettamente connesso con il ciclo della teoria, qui gli studenti fanno esperienza delle applicazioni, sviluppando collettivamente e criticamente programmi relativamente a problemi emersi nelle lezioni di teoria.

**Struttura della verifica di profitto :** Lo studente deve dimostrare di saper sviluppare in modo autonomo programmi per la risoluzione di problemi della tipologia affrontata durante il corso e di conoscere alcuni algoritmi notevoli per le strutture di dati.

**Descrizione verifica profitto :** Lo studente porterà un elaborato finale, sviluppato in linguaggio C++ (preferibilmente l'implementazione di un qualche gioco), che dovrà illustrare e giustificare complessivamente e nei dettagli. Imposterà le linee risolutive di problemi propostigli, sviluppando parti significative del programma da lui delineato.

**Testi di riferimento:** (consigliati) Harvey M. Deitel, Paul J. Deitel, "Fondamenti di programmazione C++" APOGEO



## **MECCANICA E LABORATORIO**

Dip. di Fisica

**Periodo:** I anno; 2 semestre

**Tipologia didattiche:** 64hLez; 36hEserc; 24hLab; 13CFU

**Prerequisiti :** elementi di base di matematica e fisica

**Obiettivi formativi :** fornire allo studente i concetti di base dell'informatica e delle sue applicazioni

**Contenuto dell'attività formativa :**

### **Meccanica**

#### ***Cinematica del punto materiale***

Grandezze fisiche scalari e vettoriali; velocità posizione, legge oraria del punto materiale; velocità media ed istantanea; accelerazione media ed istantanea. Moti piani su traiettoria qualsiasi.

#### **Moto relativo**

Velocità relativa; moto relativo traslatorio uniforme; moto relativo rotatorio uniforme; moto relativo alla terra; trasformazione di Lorentz.

#### **Dinamica di una particella**

Principio d'inerzia; sistemi di riferimento inerziali; quantità di moto; principio di conservazione della quantità di moto; forza e accelerazione; massa inerziale e gravitazionale; secondo e terzo principio della dinamica; momento angolare e momento di una forza; forze centrali; sistemi non inerziali e forze fittizie.

#### **Le leggi delle forze**

Le leggi della gravitazione universale; il teorema di Gauss; le leggi di Keplero; forza peso; forze elastiche; reazioni vincolari; forze di attrito.

#### **Lavoro ed Energia**

Impulso; lavoro di una forza; energia cinetica; campi di forze conservativi; energia potenziale; conservazione dell'energia meccanica; potenza.

#### **Dinamica di un Sistema di Particelle**

Centro di massa (CM) di un sistema di particelle; moto del CM; massa ridotta; momento angolare di un sistema di particelle; energia cinetica di un sistema di particelle; urti.

#### **Dinamica di un corpo rigido**

Momento angolare di un corpo rigido; momento di inerzia; equazione del moto per la rotazione di un corpo rigido; energia cinetica di rotazione; moto giroscopico.

#### **Moto oscillatori**

Cinematica del moto armonico semplice (MAS); forza ed energia nel MAS; dinamica del MAS; pendolo semplice; pendolo composto; Sovrapposizioni di MAS; oscillatori accoppiati; oscillazioni non armoniche; oscillazioni smorzate; oscillazioni forzate; impedenza di un oscillatore.

#### **Relatività speciale**

##### **Laboratorio di Meccanica (#8 esperienze)**

- Studio del moto di caduta libera di un grave lungo la verticale;
- Studio della cinematica e dinamica di un mobile su un piano inclinato;
- Seconda legge di Newton;
- Piano inclinato: attrito statico, conservazione della quantità di moto e dell'energia nelle collisioni;
- Determinazione dell'accelerazione di gravità mediante:
  - il pendolo semplice;
  - il pendolo composto di Kater;
  - l'apparato per la caduta libera;
  - il piano inclinato;
  - l'apparato per la legge di Hooke.
- Forza elastica. Determinazione della costante elastica di una molla: metodo statico e dinamico, molle in serie e in parallelo.

**Struttura della verifica di profitto :**

**Descrizione verifica profitto :**

**Testi di riferimento:** (consigliati)

## **TERMODINAMICA E LABORATORIO**

Dip. di Fisica

**Periodo:** I anno; 2 semestre

**Tipologia didattiche:** 24hLez; 12hEserc; 12hLab; 5CFU

**Prerequisiti :** elementi di base di matematica e fisica

**Obiettivi formativi :** fornire allo studente i concetti di base della termodinamica e delle sue applicazioni.

**Contenuto dell'attività formativa :**

Temperatura, calorimetria; leggi dei gas perfetti; sistemi e grandezze termodinamiche: definizioni fenomenologiche; stati termodinamici; conservazione dell'energia e primo principio; trasformazioni reversibili e irreversibili; secondo principio, entropia; potenziali termodinamici.

**Laboratorio (#4 esperienze)**

1. Misura del calore specifico di una sostanza con il calorimetro delle mescolanze
2. Calibrazione di una termocoppia rame- costantanea
3. Calibrazione di un termometro a resistenza elettrica di un metallo
4. Calibrazione di un termometro a semiconduttore

**Struttura della verifica di profitto :**

**Descrizione verifica profitto :**

**Testi di riferimento:** (consigliati)

## **METODI NUMERICI**

Dip. di Fisica

**Periodo:** II anno; 1 semestre

**Tipologia didattiche:** 24hLez; 0hEserc; 24hLab 5CFU

**Prerequisiti :** elementi di base di matematica e fisica

**Obiettivi formativi :** fornire allo studente i concetti di base del calcolo numerico

**Contenuto dell'attività formativa :**

Le differenze finite, schemi di derivazione numerica, errori degli schemi, integrazione numerica, formule di quadratura. Equazioni differenziali alle derivate ordinarie, problema di Cauchy, schemi numerici e consistenza, teorema di Lax e di instabilità numeriche, equazione equivalente. Schema di Eulero, schema Runge-Kutta, schemi multi-step e schemi impliciti.

**Laboratorio numerico:**

Oscillatore armonico, oscillatore smorzato e forzato, oscillatori anarmonici, oscillatore relativistico.

Il sistema di Fermi-Pasta-Ulam.

Particella in un campo centrale, moto dei pianeti.

L'oscillatore di Van der Pol, l'oscillatore di Duffing.

Sistema preda-predatore, dinamica delle epidemie.

**Struttura della verifica di profitto:** un esame scritto ed un esame orale in laboratorio di informatica.

**Descrizione della verifica di profitto:** l'esame scritto verterà sugli argomenti di teoria trattati durante il corso. La prova orale in laboratorio consisterà nella risoluzione pratica al computer di uno o più problemi affrontati durante il corso, eventualmente includendo la stesura di una relazione scritta sull'argomento.

**Testi di riferimento:**

- a) Stoer-Burlisch, " Introduzione a l'analisi numerica", Zanichelli, 1974-75;
- b) dispense del corso tenuto negli anni passati.

## ANALISI MATEMATICA II

Dip. di Matematica

**Periodo:** Il anno; 1 semestre

**Tipologia didattiche:** 56hLez; 36h Eserc; 0hLab, 10CFU

**Prerequisiti :** elementi di base di matematica

**Obiettivi formativi :** fornire allo studente i mezzi per eseguire il calcolo differenziale ed integrarlo su curve e superfici.

**Contenuto dell'attività formativa :**

Curve, grafici e superfici nello spazio;

Calcolo differenziale per campi scalari;

Calcolo differenziale per campi vettoriali;

Ottimizzazione libera e vincolata;

Integrali impropri;

Integrali multipli;

Integrali su curve e superfici. Formula di Green e teorema di Stokes.

Sistemi di equazioni differenziali;

Equazioni differenziali a derivate parziali;

Successioni e serie di funzioni. Serie di potenze, serie di Taylor;

Equazioni differenziali ordinarie di ordine  $n$ , metodi di variazione dei parametri;

Serie di potenze ed equazioni differenziali: Equazione di Legendre, equazione di Bessel;

Studio qualitativo delle equazioni differenziali;

Problemi ai limiti;

Integrali dipendenti da parametri;

Derivazione sotto il segno di integrale.

**Struttura della verifica di profitto :**

**Descrizione verifica profitto :**

**Testi di riferimento:** (consigliati)

## ELETTROMAGNETISMO E LABORATORIO

Dip. di Fisica

**Periodo:** Il anno; 1 semestre

**Tipologia didattiche:** 48hLez; 24h Eserc; 24hLab. 10CFU

**Prerequisiti :** elementi di base di matematica

**Obiettivi formativi :** fornire allo studente la conoscenza dell'elettrostatica, dei fenomeni magnetici e delle equazioni di Maxwell.

**Contenuto dell'attività formativa:**

Fenomeni elettrici (polarizzazione, carica per strofinio), carica elettrica e forza di Coulomb. Principio di sovrapposizione. Campo elettrico. Legge di Gauss e potenziale elettrostatico. Campi associati a distribuzioni di cariche discrete e continue di carica. Equazioni dell'elettrostatica. Dipoli elettrici e poli indotti. Dielettrici. Polarizzazione, suscettività elettrica e polarizzabilità molecolare, costante dielettrica. Energia elettrostatica, superfici equipotenziali e campo conservativo. Condensatori.

Campo elettrico nei conduttori. Legge di Faraday. Correnti: densità di corrente e intensità di corrente. Legge di Ohm: resistenza e resistività. Aspetti microscopici del trasporto di carica. Dipendenza della resistività dalla temperatura e classificazione dei conduttori. Dissipazione di energia in una resistenza. Generatori di forza elettromotrice. Circuiti elettrici in corrente continua. Leggi di Kirchhoff.

Fenomeni magnetici e campo magnetico. Legge di Lorentz. Equazioni della magnetostatica. Moto di una particella carica in un campo magnetico (ciclotroni e sincrotroni). Forza su di un filo percorso da corrente in un campo magnetico. Motori elettrici. Il potenziale vettore. Gauge di Coulomb. Equazione di Poisson per il potenziale vettore. Legge di Biot e Savart. Teorema di Ampere. Legge di Faraday.

Equazione per il rotazionale del campo magnetico. Legge di Lenz, solenoidi e induttanza. Circuiti in corrente alternata: RC, RL, RLC (notazione complessa); Filtri passa-banda e circuiti risonanti. [Freni elettromagnetici, Dinamo, correnti di Eddy]. Materiali magnetici, Dia-, Para- e Ferro-magnetismo. Isteresi, elettromagneti, magnetone di Bohr.

Le equazioni di Maxwell nella forma completa. Formulazione covariante delle equazioni di Maxwell. Il teorema di Poynting. L'equazione d'onda. Soluzione dell'equazione d'onda.

#### **Laboratorio (#6 esperienze)**

1. Misura della costante dielettrica;
2. Generatori di ddp, voltmetri, amperometri e misura delle grandezze in corrente continua
3. Misure di resistenza (a 2 punti, a 4 punti e ponte di Wheatstone)
4. Oscilloscopio e misure di corrente e ddp variabili nel tempo;
5. Studio della risposta in frequenza di un circuito RC e RL e misura delle loro costanti di tempo caratteristiche;
6. Studio della risposta in frequenza di un circuito RLC e studio del comportamento risonante;
7. Forza elettromotrice indotta da un campo magnetico variabile;
8. Misura dei campi elettromagnetici di bassa frequenza ambientali;
9. Circuiti con elementi non lineari

**Struttura della verifica di profitto :**

**Descrizione verifica profitto :**

**Testi di riferimento:** (consigliati)

### **MECCANICA SUPERIORE**

a)MECCANICA ANALITICA Dip. di Fisica

**Periodo:** Il anno; 1 semestre

**Tipologia didattiche:** 24hLez; 24h Eserc; 0hLab; 5CFU

**Prerequisiti :** analisi matematica e fisica

**Obiettivi formativi :** fornire allo studente .....

**Contenuto dell'attività formativa:**

Principio dei lavori virtuali; equazioni di Lagrange; principio di minima azione; teoremi di conservazione e simmetrie; equazioni di Hamilton; trasformazioni canoniche; parentesi di Poisson; equazione di Hamilton-Jacobi. Lagrangiana di una particella relativistica; Formulazione relativistica delle equazioni di Hamilton.

**Struttura della verifica di profitto :**

**Descrizione verifica profitto :**

**Testi di riferimento:** (consigliati)

b)MECCANICA DEI FLUIDI Dip. di Fisica

**Periodo:** Il anno; 2 semestre

**Tipologia didattiche:** 24hLez; 12h Eserc; 12h Lab 5CFU

**Prerequisiti :** analisi matematica e fisica

**Obiettivi formativi :** fornire allo studente .....

**Contenuto dell'attività formativa:**

Modellizzazione di un fluido, approccio lagrangiano ed euleriano, derivata convettiva, equazione di continuità e fluidi incomprimibili. Cinematica dei fluidi: dilatazione, deformazione, rotazione. Equazione di Eulero, vorticità. Analogie elettrostatiche e magnetostatiche, flussi potenziali, dipolo idrodinamico. Equazione di Bernoulli. Viscosità in un fluido, tensore degli sforzi, equazione di Navier-Stokes, flusso di Couette, flusso di Poiseuille, flusso fra due cilindri che ruotano, flusso su una sfera in rotazione. Flussi reali, numero di Reynolds, flussi a bassi ed alti numeri di Reynolds, coefficiente di trascinamento e flusso attorno ad un corpo sferico, strato limite.

**Laboratorio numerico**

Cenni sulle equazioni alle derivate parziali

Soluzione numerica dell'equazione di Burgers  
Soluzione numerica dell'equazione di Navier-Stokes

**Struttura della verifica di profitto :**

**Descrizione verifica profitto :**

**Testi di riferimento:** (consigliati)

c)MECCANICA STATISTICA Dip. di Fisica

**Periodo:** Il anno; 2 semestre

**Tipologia didattiche:** 24hLez; 24h Eserc; 0hLab; 5CFU

**Prerequisiti :** analisi matematica e fisica

**Obiettivi formativi :** fornire allo studente .....

**Contenuto dell'attività formativa:**

Spazio delle fasi; equazione di Liouville; quantizzazione dello spazio delle fasi; tecnica degli ensembles: ensembles microcanonico, canonico, grand canonico; funzione di partizione; definizione statistica delle variabili termodinamiche e dei potenziali termodinamici; equazione di stato di un gas perfetto; equazione di stato di un gas reale. Gerarchia BBGKY. Equazione di Boltzmann; teorema H.

**Struttura della verifica di profitto :**

**Descrizione verifica profitto :**

**Testi di riferimento:** (consigliati)

**METODI MATEMATICI DELLA FISICA** Dip. di **Fisica**

**Periodo:** Il anno; 2 semestre

**Tipologia didattiche:** 56hLez; 36h Eserc; 0hLab; 10CFU

**Prerequisiti :** Geometria, Analisi matematica I, Analisi matematica II.

**Obiettivi formativi :** fornire allo studente strumenti matematici avanzati per studiare modelli e risolvere problemi complessi sia di fisica classica, che di fisica quantistica.

**Contenuto dell'attività formativa:**

Funzioni di variabile complessa;

Integrazione nel piano complesso;

Equazioni differenziali ordinarie con punti singolari;

Trasformata di Fourier e di Laplace;

Equazioni differenziali alle derivate parziali: equazione di diffusione, equazione d'onda;

Polinomi di Legendre, armoniche sferiche, polinomi di Hermite;

Uso di autovalori e di autovettori per la soluzione di equazioni differenziali a derivate parziali;

Prodotto scalare e norma in spazi vettoriali: spazi euclidei;

Successioni e serie di vettori fondamentali e convergenti;

Spazi vettoriali a dimensione infinita: spazi di Hilbert e di Banach, lo spazio delle funzioni a quadrato sommabile;

Sistemi completi in spazi a dimensione infinita: la serie di Fourier;

Funzionali continui e non continui sullo spazio di Hilbert;

Operatori sullo spazio di Hilbert: operatore aggiunto, operatori Hermitiani, operatori unitari, operatore inverso;

Risolvente e teoria spettrale di un operatore sullo spazio di Hilbert.

**Struttura della verifica di profitto :** Esame Unico

**Descrizione verifica profitto :** Prova scritta consistente nello svolgimento di problemi su argomenti svolti durante il corso, prova orale su argomenti del corso e su eventuali discussioni di brevi esercizi.

**Testi di riferimento:**

1. A.N. Kolmogorov, S.V. Fomin, "Elementi di Teoria delle Funzioni e di Analisi Funzionale", Editori Riuniti;

2.G. Cicogna, "Metodi Matematici della Fisica", Springer;

- 3.H. L. Royden, "Real Analysis", Prentice Hall;
- 4.G. E. Shilov, "Elementary Real and Complex Analysis";
- 5.Appunti distribuiti al corso.

## FENOMENI ONDULATORI E LABORATORIO

Dip. di Fisica

**Periodo:** Il anno; 2 semestre

**Tipologia didattiche:** 48h Lez; 24h Eserc; 24h Lab. 10CFU

**Prerequisiti :** metodi matematici della Fisica.....

**Obiettivi formativi :** fornire allo studente .....

### Contenuto dell'attività formativa:

Fenomeni periodici (oscillazioni e onde), notazione complessa, equazioni differenziali e fisica del pendolo. Battimenti e oscillazioni libere e smorzate (smorzamento critico, fattore di qualità  $Q$ ). Oscillazioni forzate con smorzamento, potenza e risonanza (assorbimento alla risonanza, ampiezza di banda e fattore di qualità  $Q$ ), Fenomeni transitori. Oscillazioni accoppiate (oscillazioni accoppiate e forzate, pendolo triplo, soluzioni di stato stazionario e transienti). Oscillazioni accoppiate a molti corpi, equazione delle onde, impulsi e onde trasverse. Propagazione delle onde, condizioni al contorno e onde stazionarie. Onda piana ed onda sferica. Onde longitudinali (onde sonore) e trasverse. Energia nelle onde. [Strumenti musicali, cavità sonore risonanti, modi normali]. Analisi di Fourier. [Evoluzione degli impulsi sulle corde.] Dispersione velocità di fase e velocità di gruppo.

Onde elettromagnetiche: soluzione di onda piana delle equazioni di Maxwell, Polarizzazione. Soluzioni ritardate e anticipate per i potenziali. Cariche accelerate, Vettore di Poynting, Potenza, Diffusione alla Rayleigh. Sezione d'urto Thompson. Il dipolo oscillante. [Approssimazione di zona d'onda. Campi elettrici e magnetici di un dipolo oscillante. Vettore di Poynting per il dipolo oscillante. Distribuzione angolare dell'energia e messa da un dipolo oscillante. Diffusione della luce in approssimazione di dipolo oscillante.]

Effetto Doppler. [Effetto Doppler nel suono e stelle binarie, stelle di neutroni e deiezione dell'universo.] Condizioni al contorno nei conduttori perfetti, riflessione ed onde elettromagnetiche stazionarie, linee di trasmissione, pressione di radiazione. Cavità risonanti per onde elettromagnetiche. Condizioni al contorno nei dielettrici, indice di rifrazione, legge di Snell, riflessione interna totale, equazioni di Fresnel, angolo di Brewster. Principio di Huygens, Interferenza [Film sottili, sapone, olio, fenditure]. Diffrazione, Reticoli, "pinholes", risoluzione angolare. [Arcobaleno, aloni, corone e glorie].

### Laboratorio (#6 esperienze)

1. Principio di sovrapposizione: battimenti in onde sonore.
2. Modi di risonanza di una corda tesa e dispersione.
3. "Accordare" una corda vibrante: Studio delle condizioni per ottenere un modo a frequenza determinata analizzando il segnale ottenuto dalla libera oscillazione della corda.
4. Analisi di Fourier di onde sonore: Timbro di una sorgente sonora.
5. Risonanza in tubi a fondo chiuso: Determinare i modi di risonanza di un tubo a fondo chiuso (Modi di risonanza e velocità del suono nell'aria)
6. Velocità di propagazione del suono e sua dipendenza dalla temperatura: Misurare i tempi di riflessione di onde sonore (Valutazione della temperatura dell'aria a partire dalla misura della velocità del suono)
7. Onde stazionarie: ventri e nodi (Misurare la posizione di ventri e nodi per onde stazionarie in un tubo).
8. Rifrazione della luce: legge di Snell ed angolo critico in mezzi con indice di rifrazione diverso. .
9. Interferenza di onde di superficie in acqua. Determinare le variazioni della figura di interferenza in dipendenza dalla separazione fra le fenditure e dalla lunghezza d'onda.
10. Interferenza e diffrazione della luce: fenditure.

**Struttura della verifica di profitto :**

**Descrizione verifica profitto :**

**Testi di riferimento:** (consigliati)

### **LABORATORIO DI FISICA MODERNA** Dip. di FISICA

**Periodo:** III anno; 1 semestre

**Tipologia didattiche:** 24h Lez; 0h Eserc; 24h Lab. 5CFU

**Prerequisiti :** Aver acquisito le conoscenze fondamentali della Fisica Classica

**Obiettivi formativi :** fornire allo studente i concetti fondamentali alla base della fisica moderna ed eseguire gli esperimenti fondamentali che hanno portato alla sua affermazione.

**Contenuto dell'attività formativa:**

Approfondimento degli esperimenti fondamentali di Fisica Quantistica: Il corpo nero, Effetto fotoelettrico, esperimento di Franck-Hertz, Esperimento di Davisson-Germer, Esperimento di Stern-Gerlach; esperimento di Lamb-Retherford.

Elementi di Fisica dello stato Solido: Strutture cristalline, raggruppamenti periodici di atomi, modelli fondamentali di reticoli, piani reticolari, cella unitaria e cella primitiva, strutture cristalline semplici; Gas di elettroni liberi, modello ad elettroni quasi liberi, bande di energia, metalli, semiconduttori, isolanti.

Sorgenti di eccitazione: sorgenti di elettroni, di neutroni, di ioni, di atomi in stati metastabili; sorgenti di fotoni: lampade a scarica, tubo a raggi x, il sincrotrone; il maser e il laser;

Reticoli e spettri: reticoli di diffrazione, dispersione e potere risolutivo; Diffrazione dei cristalli, Metodi sperimentali per la diffrazione, legge di Bragg e di Laue per la diffrazione, reticolo diretto e reticolo reciproco, fattore di struttura geometrica, fattore atomico di diffusione;

Rivelatori: moltiplicatore e fotomoltiplicatore, fotodiode, Geiger-Muller; rivelatore a scintillazione, CCD.....

Principi di spettroscopia: Spettroscopia elettronica, spettroscopia ottica, spettroscopia foto-elettronica;

Principi di microscopia: Microscopia ad effetto Tunnel (STM), microscopia elettronica a scansione (SEM), microscopia elettronica in trasmissione (TEM);

**Laboratorio (#9 esperienze)**

1. Il corpo nero,
2. Effetto fotoelettrico,
3. Esperimento di Franck-Hertz,
4. Esperimento di Davisson-Germer,
5. Esperimento di Stern-Gerlach
6. Esperimento di Lamb-Retherford
7. Spettri a righe di gas
8. Spettrometro di massa
9. Microscopia ad effetto tunnel (STM)

**Struttura della verifica di profitto : esame finale**

**Descrizione verifica profitto :** Discussione delle relazioni di laboratorio e del programma svolto nelle ore di lezione.

**Testi di riferimento:** (consigliati)

### **MECCANICA QUANTISTICA 1** Dip. di Fisica

**Periodo:** III anno; 1 semestre

**Tipologia didattiche:** 56h Lez; 36h Eserc; 0h Lab. 10CFU

**Prerequisiti :** Geometria, Analisi Matematica I, Analisi Matematica II, Meccanica Analitica, Metodi Matematici della Fisica

**Obiettivi formativi :** fornire allo studente le basi concettuali, fisiche e formali della meccanica quantistica e il formalismo matematico necessario per la descrizione quantistica dei fenomeni fisici.

### **Contenuto dell'attività formativa:**

Relazioni di indeterminazione di Heisenberg. Funzioni d'onda nello spazio delle coordinate e degli impulsi. Valori misurabili. Osservabili compatibili. Misura in meccanica quantistica. Equazione di Schrödinger. Evoluzione temporale: stati stazionari. Problemi in una dimensione (buca di potenziale, trasmissione, riflessione, e effetto tunnel). Oscillatore armonico unidimensionale. Hamiltoniane separabili in tre dimensioni. Rotazioni e momento angolare. Particella in potenziale centrale, atomo di idrogeno. Il formalismo matematico della meccanica quantistica. Bra e ket. Rappresentazioni e cambi di base. Evoluzione temporale nello schema di Schrödinger e in quello di Heisenberg. Spin. Sistemi a due stati (risonanza di spin, maser, e cc). Particella in campo elettromagnetico. Teoria delle Perturbazioni. Particelle identiche.

### **Struttura della verifica di profitto :**

#### **Descrizione verifica profitto :**

**Testi di riferimento:** J.J. Sakurai, Meccanica Quantistica Moderna, Zanichelli; D. Griffiths, Introduzione alla Meccanica Quantistica, Zanichelli; L.D. Landau, E.M. Lifshits, Meccanica Quantistica, Teoria non relativistica, Editori Riuniti; A. Messiah, Quantum Mechanics, Dover.

## **ELETRONICA**

Dip. di FISICA

**Periodo:** III anno; 1 semestre

**Tipologia didattiche:** 56h Lez; 0h Eserc; 36h Lab. 10CFU

**Prerequisiti :** algebra di base, calcolo differenziale e integrale, analisi complessa, trasformata di Fourier e trasformata di Laplace. Nozioni di elettromagnetismo.

**Obiettivi formativi :** obiettivi fondamentali sono lo studio, il progetto e la caratterizzazione dei dispositivi elettronici di base. Dei dispositivi trattati vengono sviluppati gli adeguati modelli fisici e matematici allo scopo di determinare i modelli circuitali più idonei a simulare il comportamento secondo il tipo di applicazione. Inoltre gli studenti apprenderanno l'uso di un programma di simulazione circuitale basato su PSPICE e delle tecniche di caratterizzazione sperimentale, statica e dinamica dei dispositivi elettronici.

### **Contenuto dell'attività formativa:**

#### **Elementi di teoria dei circuiti**

Richiami di teoria delle reti: elementi di polari e quadripolari, reti resistive, principi di Kirchhoff, principio di Thévenin, principio di Norton, applicazioni all'analisi di circuiti in corrente continua. Reti elettriche in regime alternato: tensione e correnti sinusoidali, fasori, rappresentazione complessa, impedenza e ammettenza elettrica, circuiti partitori RC e CR, concetto generale di risonanza elettrica, circuiti risonanti e sovratensioni, potenza attiva, reattiva e apparente. Reti lineari in regime impulsivo, trasformate di Laplace.

#### **Linee di trasmissione**

Generalità sulle linee di trasmissione e il loro impiego, funzione di propagazione e impedenza caratteristica della linea, linea non distorcente illimitata, linee non distorcenti di lunghezza finita, adattamento d'impedenza e riflessioni del segnale.

**Sistemi di numerazione e codifica:** decimale, binaria, ottale e esadecimale, confronto tra sistemi di numerazione e conversione di variabili, la codifica ASCII.

**Segnali digitali e reti di interruttori:** segnali di clock e timing, rappresentazione seriale e parallela, interruttori (Relay, diodi, transistor), IC TTL e IC CMOS.

**Porte logiche** le porte AND, OR e NOT, analisi temporale (timing), funzioni enable e disable., le porte NAND, NOR, XOR, XNOR, generazione di segnali logici.

**Algebra di Boole:** variabili e funzioni Booleane, semplificazione di funzioni, il teorema di De Morgan, le mappe di Karnaugh, la caratteristica universale delle porte NAND e NOR.

**Circuiti e Operazioni Aritmetiche :** porte logiche XOR e XNOR, aritmetica binaria, rappresentazione e aritmetica a complemento di due, aritmetica esadecimale, aritmetica BCD, full adder a 4 bit.



**Convertitori di codice, Multiplexer e Demultiplexer:** comparatori, decodificatori, codificatori, convertitori di codifica, multiplexer, demultiplexer.

**Flip Flop:** Flip Flop S-R, Gated S-R, Gated D, D latch, Flip Flop di tipo D, J-K master-slave.

**Circuiti contatori:** analisi di reti sequenziali, contatori di ripple, contatori e divisori, decodificatori per display a 7 segmenti, contatori sincroni.

**Multivibratori:** multivibratori astabili e monostabili

### **Elementi di Fisica dei semiconduttori**

Struttura cristallina. La conduzione nei metalli e nei semiconduttori. Trasporto di carica per deriva, diffusione e iniezione di portatori. Effetto Hall. Processi di generazione e ricombinazione di portatori. Vita media dei portatori minoritari. Proprietà elettroniche ed ottiche di alcuni semiconduttori.

### **La giunzione p-n**

La giunzione a drenaggio non uniforme, il diodo a giunzione, resistenza di giunzione, carica spaziale e capacità di giunzione, velocità di risposta e tempo di commutazione, caratteristica del diodo a giunzione, retta di carico, il diodo come elemento circuitale, il diodo zener, il diodo variatore, il diodo Schottky, il diodo PIN, il diodo tunnel, il diodo LED, elementi di optoelettronica.

### **Il transistor**

Il transistor bipolare, PNP e NPN, guadagno di corrente per grandi segnali, modi di funzionamento di un transistor, caratteristiche di ingresso uscita a base comune a emettitore comune, metodi di analisi dei circuiti a transistor, e tempi di circuiti di polarizzazione delle giunzioni, operazioni di commutazione.

### **Il transistor come amplificatore**

Caratteristiche generali di un amplificatore, tipi di amplificatore, modello per piccoli segnali, amplificatori a singolo stadio (E-COM, C-COM e B-COM), la coppia Darlington, e effetti di alta frequenza, la reazione.

### **Transistor ad effetto di campo**

Caratteristica di I/O del JFET; caratteristica di I/O del MESFET; caratteristica ed I/O del MOSFET; applicazioni dei FET.

### **Amplificatori operazionali**

Generalità sugli amplificatori operazionali, teorema di sovrapposizione e massa virtuale, analisi di circuiti ad anello chiuso, amplificatore invertente e non-invertente, amplificatore sommatore, amplificatori di transconduttanza e di transimpedenza, convertitore CA-CC, l'operazionale reale.

### **Amplificatori**

Approfondimenti sugli amplificatori reazionati; stabilità e risposta di un amplificatore reazionato; oscillatori; compensazione dell'offset, coefficienti termici, corrente di polarizzazione d'ingresso, guadagno in modo comune, effetto delle impedenze d'ingresso e d'uscita, potenza dissipata e limite di corrente, circuiti oscillatori, Colpitts, Hartley.

**Conversione A-D D-A:** rappresentazioni digitali e analogica, convertitori D-A binari pesati, convertitori R/2R, convertitori A-D parallel-encoded, counter-ramp, successive approximation, applicazioni.

### **Laboratorio (#10-12 esperienze)**

1) Circuiti partitori, passa-banda RLC, oscillazioni libere nel circuito RLC .

2) Linea RG58

3) Porte logiche, misura del tempo di ritardo introdotto da una porta NAND.

4) Circuito comparatore a 2 bit, multiplexer

5) Multivibratori

6) Effetto della temperatura sulla resistenza elettrica dei metalli e dei semiconduttori, termoresistenze e termistori

7) Caratteristica del diodo a giunzione e circuiti raddrizzatori, caratteristica e risposta in frequenza del fotodiodo, circuiti limitatori

8) Caratteristiche di I/O del transistor in configurazione E-COM e B-COM, circuiti di polarizzazione

9) Amplificatore E-COM

10) Circuiti con gli op-amp

11) Trigger di Smith, oscillatore di Colpitts

**Struttura della verifica di profitto** : prova scritta e orale

**Descrizione verifica profitto** : gli studenti al termine di ciascuna esperienza dovranno approntare una relazione su di essa. Le relazioni verranno discusse durante l'esame al termine del corso.

**Testi di riferimento:**

1. J. Millman and A. Grabel, 'Microelectronica 2d Ed.' McGraw-Hill IT
2. P. Horowitz, W Hill, 'The art of electronics 2d Ed' Cambridge University Press
3. W. Kleitz, "Digital electronics" Prentice Hall int.

## **FENOMENOLOGIA DELLE STRUTTURE FISICHE**

a) ATOMI, MOLECOLE, SOLIDI Dip. di Fisica

**Periodo:** III anno; 1 semestre

**Tipologia didattiche:** 32h Lez; 12h Eserc; 0h Lab. 5CFU

**Prerequisiti** : Laboratorio di Fisica moderna e Meccanica Quantistica

**Obiettivi formativi** : studio della Fisica dell'atomo, delle molecole biatomiche e dei solidi da un punto di vista fenomenologico.

**Contenuto dell'attività formativa:**

**Fisica Atomica:** Atomo di idrogeno ed idrogenoide; approssimazione di dipolo elettrico e regole di selezione; spettro di assorbimento e di emissione dell'atomo ; intensità e larghezza delle righe; atomo di elio; orto e para-elio; atomi a molti elettroni: approssimazione di campo centrale; metodo di Hartree-Fock; livelli di energia e loro dipendenza dai numeri quantici; Elettroni equivalenti; correzioni residue di Coulomb e magnetiche; regole di Hund; metalli alcalini; difetto quantico; tavola periodica degli elementi; potenziale di ionizzazione; irraggiamento X **Fisica Molecolare:** Approssimazione di Born-Oppenheimer: equazione di Schrödinger per i nuclei e per gli elettroni; struttura elettronica di molecole biatomiche omonucleari: metodo LCAO; molecole eteronucleari; proprietà di simmetria e orbitali per molecole omonucleari ed eteronucleari ; diagramma di correlazione; moti nucleari; regole di selezione; spettro rotazionale per una molecola biatomica omonucleare ed eteronucleare; diffusione della radiazione elettromagnetica da parte di molecole; polarizzabilità; effetto Raman; principio di Franck-Condon: dissociazione, fluorescenza e fosforescenza.

**Fisica dello Stato solido:** reticoli e strutture cristalline: reticoli di Bravais; diffrazione; Vibrazioni reticolari; quantizzazione delle vibrazioni reticolari; proprietà termiche degli isolanti: calore specifico reticolare; gas di elettroni liberi; bande di energia: modello ad elettroni quasi libero; teorema di Bloch; dinamica degli elettroni di Bloch; lacune; massa efficace; caso dei metalli, dei semiconduttori e degli isolanti.

**Struttura della verifica di profitto** : esame unico con Nuclei e particelle e Stelle e Galassie

**Descrizione verifica profitto** : esame orale.

**Testi di riferimento: (consigliati):**

-Physics of atoms and molecules

B.H. Bransden and C.J. Joachain;

-Quantum states of atoms, molecules and solids

M.A. Morrison, J.L. Estle, N.F. Lane;

-Quantum physics of atoms, molecules, solids, nuclei and particles

R. Eisberg and R. Resnick.

b) NUCLEI E PARTICELLE Dip. di Fisica

**Periodo:** III anno; 2 semestre

**Tipologia didattiche:** 32h Lez; 12h Eserc; 0h Lab. 5CFU

**Prerequisiti** : Meccanica, termodinamica ed elettromagnetismo, Calcolo Differenziale e Integrale

**Obiettivi formativi :** fornire allo studente un'introduzione fenomenologica allo studio delle strutture nucleari partendo dai nuclei complessi per arrivare alle particelle elementari. Ciò comprende anche i metodi sperimentali usati quali acceleratori e rivelatori

**Contenuto dell'attività formativa:**

Elementi utilizzati per indagare la struttura nucleare e subnucleare: Sezioni d'urto; Reazioni inclusive e loro spettri caratteristici; Interazioni fondamentali e loro costanti caratteristiche. Struttura Nucleare: Indagine di dimensioni e sostituzione nucleare; Fattori di forma Nucleari; Energia delle gamma; Modelli nucleari; Costanti di stabilità nucleare; Struttura particelle subnucleari: Introduzione alla fisica delle particelle elementari; Studio inclusivo nucleoni; Fattori di forma dei nucleoni e dei mesoni; Funzioni di struttura e loro interpretazione; Modello a quarks; Int  $e^+e^-$ ; Introduzione fisica acceleratori: principio di funzionamento dell'acceleratore lineare e del sincrotrone. Studio della perdita di energia nella materia e dei principali rivelatori quali fotomoltiplicatori, camere a fili e rivelatori a stato solido

**Struttura della verifica di profitto :** Scritto e orale

**Descrizione verifica profitto :** esame scritto su cinematica relativistica. Orale sul resto del programma.

**Testi di riferimento: (consigliati) :**

B.Povh et.al 'Particelle e Nuclei' , Boringhieri

E.M. Henley et.al 'Subatomic Physics', World Scientific

c)STELLE E GALASSIE Dip. di Fisica

**Periodo:** III anno; 2 semestre

**Tipologia didattiche:** 32h Lez; 12h Eserc; 0h Lab. 5CFU

**Prerequisiti :** .....

**Obiettivi formativi :** fornire allo studente .....

**Contenuto dell'attività formativa:**

Caratteristiche osservative delle stelle: magnitudini, colori, distanze, masse, luminosità, diagrammi H-R, classificazione spettrale. I processi fisici nelle stelle: produzione di energia nucleare, trasporto di energia. Le nane bianche come esempio di applicazione della statistica di Fermi -Dirac. Caratteristiche generali della nostra galassia. Classificazione delle galassie. Nuclei galattici attivi. **Struttura della**

**verifica di profitto :**

**Descrizione verifica profitto :**

**Testi di riferimento: (consigliati)**

**ALLEGATO 5: Insegnamenti consigliati per le materie a scelta**

| <b>Insegnamento</b>                    | <b>SSD</b> | <b>CFU</b> | <b>CFU/lez</b> | <b>CFU/eserc-lab</b> |
|--|------------|------------|----------------|----------------------|
| Introduzione alla fisica teorica       | FIS/02     | 5          | 3              | 2                    |
| Relatività generale                    | FIS/05     | 5          | 3              | 2                    |
| Fisica dell'eliosfera                  | FIS/05     | 10         | 7              | 3                    |
| Geofisica della Terra solida           | GEO/10     | 10         | 6              | 4                    |
| Geomagnetismo                          | GEO/10     | 5          | 4              | 1                    |
| Tecnologia del vuoto e del freddo      | FIS/03     | 5          | 4              | 1                    |
| Elementi di Fisica Sanitaria           | FIS/07     | 5          | 4              | 1                    |
| Elementi di Biofisica                  | FIS/07     | 5          | 4              | 1                    |
| Tecniche Fisiche di Diagnostica Medica | FIS/01     | 5          | 3              | 2                    |

**ALLEGATO 6:** Tabella delle equipollenze degli insegnamenti tra il Vecchio (DM509) ed il Nuovo Ordinamento (DM270).

| <b>Nuovo Ordinamento</b>                      | <b>CFU</b> | <b>Vecchio Ordinamento</b>  | <b>CFU</b>  |
|---|------------|---|-------------|
| <b>1. Analisi Matematica I</b>                | <b>10</b>  | a) Calcolo differenziale<br>b) Calcolo integrale  | 5<br>5      |
| <b>2. Geometria</b>                           | <b>10</b>  | a) Geometria lineare ed affine<br>b) Algebra Lineare  | 5<br>5      |
| <b>3. Introduzione al Metodo Sperimentale</b> | <b>7</b>   | a) Introduzione al metodo sperimentale<br>b) Attività di laboratorio                              | 5<br>2      |
| <b>4. Informatica</b>                         | <b>5</b>   | a) Introduzione all'Informatica   | 5           |
| <b>5. Chimica Generale</b>                    | <b>5</b>   | a) Chimica Generale   | 6           |
| <b>6. Meccanica e Laboratorio</b>             | <b>13</b>  | a) Meccanica<br>b) Complementi di meccanica<br>c) Laboratorio di meccanica e termodinamica        | 5<br>5<br>5 |
| <b>7. Termodinamica e Laboratorio</b>         | <b>5</b>   | a) Elementi di termodinamica<br>b) Attività di laboratorio  | 4<br>1      |
| <b>8. Inglese I</b>                           | <b>5</b>   | a) Inglese I  | 5           |
| <b>9. Metodi numerici</b>                     | <b>5</b>   | a) Metodi numerici  | 5           |
| <b>10. Analisi Matematica II</b>              | <b>10</b>  | a) Equazioni differenziali<br>b) Matematica Avanzata per la Fisica (1° anno Laurea Specialistica) | 5<br>5      |
| <b>11. Elettromagnetismo e laboratorio</b>    | <b>10</b>  | a) Elettrostatica e magnetostatica<br>b) Elettromagnetismo<br>c) Laboratorio di elettromagnetismo | 5<br>5<br>5 |
| <b>12. Meccanica Superiore</b>                | <b>15</b>  | a) Meccanica analitica<br>b) Meccanica statistica<br>c) Meccanica dei fluidi                      | 5<br>5<br>5 |
| <b>13. Metodi Matematici della Fisica</b>     | <b>10</b>  | a) Metodi matematici<br>b) Metodi Matematici Avanzati   | 5<br>5      |
| <b>14. Fenomeni ondulatori e Laboratorio</b>  | <b>10</b>  | a) Fenomeni ondulatori<br>b) Laboratorio di onde  | 5<br>5      |
| <b>15. Laboratorio di Fisica moderna</b>      | <b>5</b>   | a) Laboratorio di fisica moderna  | 5           |
| <b>16. Meccanica Quantistica 1</b>            | <b>10</b>  | a) Meccanica quantistica<br>b) Introduzione alla Fisica Quantistica                               | 5<br>5      |
| <b>17. Elettronica</b>                        | <b>10</b>  | a) Tecniche e dispositivi elettronici   | 5           |

|  |           |                               |   |
|--|-----------|-------------------------------|---|
|  |           | b) Laboratorio di elettronica | 5 |
| <b>18. Fenomenologia delle Strutture Fisiche</b> | <b>15</b> | a) Atomi, molecole, solidi    | 5 |
|  |           | b) Nuclei e particelle        | 5 |
|  |           | c) Stelle e galassie          | 5 |
| <b>19. Prova finale</b>                          | <b>5</b>  | a) Relazione o tesina         | 5 |