

## **DIRITTO ALLO STUDIO**

In Università Cattolica l'attuazione del diritto allo studio si realizza attraverso i seguenti interventi:

- \* *Borse di studio*
- \* *Contributi straordinari*
- \* *Prestiti d'onore*
- \* *Esonero totale e parziale dal pagamento delle tasse e contributi universitari*
- \* *Fondi finalizzati*
- \* *Premi di studio*
- \* *Borse di studio istituite da privati*
- \* *Orientamento*
- \* *Tutorato*
- \* *Collegi Universitari*
- \* *Mense*
- \* *Assistenza sanitaria*
- \* *Servizi editoriali e librari, culturali e turistici*
- \* *Servizi informatici*
- \* *Collaborazione a tempo parziale degli studenti*

Gli studenti potranno ritirare i bandi e gli opuscoli relativi alle voci di cui sopra presso gli Uffici dell'I.S.U. (Istituto per il diritto allo studio universitario) di Largo Gemelli 1 per la sede di Milano, Via Trieste 17 per la sede di Brescia, di Via dell'Anselma 7 per la sede di Piacenza, cui vanno indirizzate anche le richieste di informazioni.

Tra i servizi del diritto allo studio si segnala la significativa presenza di numerosi collegi presso le varie sedi dell'Università Cattolica.

**UNIVERSITÀ CATTOLICA DEL SACRO CUORE**  
25121 BRESCIA - Via Trieste, 17

**FACOLTÀ DI**  
**SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI**  
(<http://www.bs.unicatt.it/scienze/scienze.html>)

*Laurea in Matematica*  
*Laurea in Fisica*

*ANNO ACCADEMICO 1999/2000*

**VITA E PENSIERO**

**L'UNIVERSITÀ CATTOLICA  
DEL SACRO CUORE**

UC Internet: <http://www.unicatt.it>

## INDICE

### LA FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI

Laurea in Matematica.....	pag.
Laurea in Fisica.....	pag.

### PROGRAMMI DEI CORSI

#### *Corsi di Introduzione alla Teologia*

1° anno di corso: Prof. PIERLUIGI PIZZAMIGLIO.....	pag.
2° anno di corso: Prof. ADRIANO DABELLANI.....	pag.
3° anno di corso: Prof. RENATO MUSATTI.....	pag.

#### *Insegnamenti*

1. Algebra superiore(un modulo): Prof. ANDREA LUCCHINI .....	pag.
2. Algebra: Prof. MARIA CLARA TAMBURINI.....	pag.
3. Analisi funzionale (un modulo): Prof. RINALDO COLOMBO.....	pag.
4. Analisi matematica I: Prof. MARCO DEGIOVANNI.....	pag.
5. Analisi matematica II: Prof. MARCO MARZOCCHI.....	pag.
6. Analisi numerica (I modulo): Prof. MAURIZIO PAOLINI.....	pag.
7. Analisi numerica (II modulo): Prof. FRANCO PASQUARELLI.....	pag.
8. Analisi superiore: Prof. ROBERTO LUCCHETTI.....	pag.
9. Chimica generale ed inorganica: Prof. LAURA E. DEPERO.....	pag.
10. Esperimentazioni di fisica I: Prof. GIANLUCA GALIMBERTI.....	pag.
11. Esperimentazioni di fisica II: Prof. LUCIA H. DE SALVO SOUZA.....	pag.
12. Esperimentazioni di fisica III: Prof. LUIGI SANGALETTI.....	pag.
13. Fisica generale I: Prof. MASSIMO SANCROTTI.....	pag.
14. Fisica generale II: Prof. FAUSTO BORGONOVÌ.....	pag.
15. Fisica superiore: Prof. GIANCARLO CAVALLERI .....	pag.
16. Fondamenti dell'informatica: Prof. GIOVANNA GAZZANIGA .....	pag.
17. Fondamenti della matematica (un modulo): Prof. ANTONINO VENTURA.....	pag.
18. Geometria I: Prof. ELENA ZILIOLI.....	pag.

19. Geometria II: Prof. SILVIA PIANTA.....	pag.
20. Geometria superiore (I modulo): Prof. BRUNO BIGOLIN.....	pag.
21. Geometria superiore (II modulo): Prof. SILVIA PIANTA.....	pag.
22. Intelligenza artificiale: Prof. GERMANO RESCONI.....	pag.
23. Istituzioni di algebra superiore: Prof. MARIA CLARA TAMBURINI.....	pag.
24. Istituzioni di analisi superiore (I modulo): Prof. MARCO DEGIOVANNI.....	pag.
25. Istituzioni di analisi superiore (II modulo): Prof. MAURIZIO PAOLINI.....	pag.
26. Istituzioni di fisica matematica (I modulo): Prof. CLAUDIO GIORGI.....	pag.
27. Istituzioni di fisica matematica (II modulo): Prof. CARLO BANFI.....	pag.
28. Istituzioni di fisica nucleare e subnucleare: Prof. GIUSEPPE NARDELLI.	pag.
29. Istituzioni di fisica teorica: Prof. FRANCO DALFOVO.....	pag.
30. Istituzioni di geometria superiore: Prof. BRUNO BIGOLIN.....	pag.
31. Lingua inglese: Prof. ELENA UNGARI.....	pag.
32. Matematica finanziaria: Prof. FRANCESCO MARIA PARIS.....	pag.
33. Matematiche complementari: Prof. MARIO MARCHI.....	pag.
34. Meccanica razionale: Prof. CARLO BANFI.....	pag.
35. Metodi di approssimazione (un modulo): Prof. MAURIZIO PAOLINI.....	pag.
36. Metodi e modelli per l'organizzazione e la gestione (un modulo): Prof. LORENZO SCHIAVINA.....	pag.
37. Metodi matematici della fisica (II modulo): Prof. MARCO DEGIOVANNI.....	pag.
38. Preparazione di esperienze didattiche: Prof. GIANFRANCO BERTAZZI....	pag.
39. Sistemi di elaborazione dell'informazione: Prof. GIOVANNI SACCHI.....	pag.
40. Statistica matematica: Prof. ANGELO ZANELLA.....	pag.
41. Storia delle matematiche: Prof. ENRICO GAMBA.....	pag.
42. Struttura della materia: Prof. FULVIO PARMIGIANI.....	Pag.

PARTE PRIMA

**PRESENTAZIONE DELLA FACOLTÀ**

## **LA FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI**

### ***Corso di laurea in Matematica***

Il Corso di laurea si articola in un biennio propedeutico, a carattere formativo di base, ed in un successivo biennio di indirizzo secondo tre possibili indirizzi: generale, didattico, applicativo.

La scelta dell'indirizzo deve essere fatta alla iscrizione al terzo anno.

Il biennio di base prevede otto insegnamenti annuali ed ogni insegnamento è corredato di esercitazioni. Le esercitazioni costituiscono parte integrante del corrispondente insegnamento.

Il biennio di indirizzo prevede sette insegnamenti annuali. Ogni insegnamento annuale può essere articolato in due insegnamenti modulari semestrali, che nel seguito indicheremo col termine moduli. Gli insegnamenti possono essere integrati da esercitazioni. Per ogni insegnamento è previsto un esame finale.

Tra gli esami previsti, oltre a quelli indicati nel piano di studi, lo studente è tenuto a sostenere tre esami di Introduzione alla Teologia.

Per essere ammesso all'esame di laurea, lo studente è tenuto a sostenere una prova di conoscenza della lingua inglese. E' a disposizione degli studenti un corso libero di introduzione alla lingua inglese. Per evitare spiacevoli inconvenienti si consigliano gli studenti di sostenere tale prova prima di iniziare il terzo anno.

L'esame di laurea consiste nella discussione di una dissertazione scritta. Superato l'esame di laurea, lo studente consegue il titolo di dottore in Matematica, indipendentemente dall'indirizzo prescelto. L'indirizzo seguito può essere indicato, a richiesta dell'interessato, nei certificati di laurea rilasciati dall'Università.

### ***Corso di laurea in Fisica***

Nell'anno accademico 1997/98 è stato acceso il corso di laurea in Fisica. Con l'anno accademico 1999/2000 sono attivati il I, il II e il III anno.

Il corso di laurea è articolato in un triennio a carattere formativo di base ed in un successivo anno dedicato all'orientamento scientifico e professionale in specifici indirizzi:

Indirizzo di fisica della materia

Indirizzo didattico e di storia della fisica

Indirizzo di fisica terrestre e dell'ambiente

Indirizzo di fisica dei biosistemi.

L'attività didattica è costituita, oltre che dalle lezioni, da esercitazioni in aula e in laboratorio, seminari, attività di tutorato, visite tecniche, prove parziali di accertamento, stesura e discussione di elaborati, ecc.. Parte dell'attività didattica pratica può essere svolta anche presso laboratori e centri esterni sotto la responsabilità didattica del docente dell'insegnamento, previa stipula di apposite convenzioni.

Per essere ammesso a sostenere l'esame di laurea lo studente deve aver seguito, in corsi annuali o in corsi semestrali (moduli), l'equivalente di diciotto annualità e superato i relativi esami.

Tra gli esami previsti, oltre a quelli indicati nel piano di studi, lo studente è tenuto a sostenere tre esami di Introduzione alla Teologia.

Entro il secondo anno, lo studente è tenuto a dimostrare di conoscere la lingua inglese. È a disposizione degli studenti un corso libero di introduzione alla lingua inglese.

L'esame di laurea deve comprendere la discussione di una tesi su un argomento pertinente all'indirizzo prescelto dallo studente.

Superato l'esame di laurea, lo studente consegue il titolo di dottore in Fisica, indipendentemente dall'indirizzo prescelto. L'indirizzo seguito può essere indicato, a richiesta dell'interessato, nei certificati di laurea rilasciati dall'Università.

PARTE SECONDA

**PIANO DI STUDIO  
E  
PROGRAMMI DEI CORSI**

# CORSO DI LAUREA IN MATEMATICA

## **Biennio di base**

Sono obbligatori nel biennio di base gli insegnamenti annuali sotto elencati, tutti corredati di esercitazioni. Le lezioni e le esercitazioni di detti insegnamenti vengono svolte in periodi detti semestri.

## **I anno di corso**

### *I semestre*

- 1) Analisi matematica I
- 2) Geometria I

### *II semestre*

- 3) Algebra
- 4) Fisica generale I

## **II anno di corso**

### *I semestre*

- 5) Analisi matematica II
- 6) Geometria II

### *II semestre*

- 7) Meccanica razionale
- 8) Fisica generale II

I corsi di “Analisi matematica I”, “Geometria I”, “Fisica generale I” sono propedeutici rispettivamente ai corsi di “Analisi matematica II”, “Geometria II” e “Fisica generale II”.

Potranno essere iscritti al II anno gli studenti che abbiano superato almeno due esami del primo anno.

Potranno essere iscritti al III anno gli studenti che abbiano superato almeno quattro esami del primo biennio.

Se lo studente desidera anticipare al secondo anno corsi del secondo biennio, deve presentare richiesta di modifica del piano di studi all’inizio del secondo anno. In particolare è prevista la possibilità di anticipare al secondo anno il corso di “Fondamenti dell’informatica”.

## **Biennio di indirizzo**

All'atto dell'iscrizione al terzo anno, ogni studente deve presentare un piano di studi in cui si indicano l'indirizzo prescelto e gli insegnamenti che intende seguire nel biennio di indirizzo. All'atto dell'iscrizione al quarto anno lo studente può richiedere, con domanda motivata, di cambiare il piano di studi.

Il corso di "Algebra" è propedeutico ai corsi dell'area disciplinare dell'algebra; il corso di "Analisi matematica II" è propedeutico ai corsi dell'area disciplinare dell'analisi matematica; il corso di "Geometria II" è propedeutico ai corsi dell'area disciplinare della geometria; il corso di "Meccanica razionale" è propedeutico ai corsi dell'area disciplinare della fisica matematica.

Sono inoltre previste le seguenti propedeuticità: i corsi di "Geometria superiore" e di "Algebra superiore" richiedono il superamento di almeno un modulo o di "Istituzioni di algebra superiore" o di "Istituzioni di geometria superiore"; il corso di "Analisi superiore" richiede il superamento del primo modulo di "Istituzioni di analisi superiore"; il corso di "Metodi di approssimazione" richiede il superamento dei due moduli di "Analisi numerica". Inoltre i due moduli di "Fondamenti dell'informatica" sono propedeutici a tutti gli insegnamenti appartenenti a settori scientifico-disciplinari aventi per iniziale la lettera K.

### *Indirizzo generale*

Nel secondo biennio il piano degli studi deve prevedere obbligatoriamente l'equivalente di:

- quattro moduli da scegliere nelle aree disciplinari dell'algebra e della geometria (A01B, A01C);
- due moduli nell'area disciplinare dell'analisi matematica (A02A);
- un modulo nell'area disciplinare della fisica matematica (A03X);
- un modulo da scegliere nelle aree disciplinari dell'analisi numerica e della probabilità e statistica matematica (A04A, A02B);
- due ulteriori moduli da scegliere nelle aree disciplinari dell'algebra, della geometria, dell'analisi matematica, dell'analisi numerica e della fisica matematica (A01B, A01C, A02A, A04A, A03X).

Lo studente dovrà infine scegliere altri 4 corsi modulari tra gli insegnamenti attivati.

#### *Indirizzo didattico*

Nel secondo biennio il piano degli studi deve prevedere obbligatoriamente l'equivalente di:

- tre moduli da scegliere in tre distinti settori tra le aree disciplinari dell'algebra, della geometria, dell'analisi matematica e della fisica matematica (A01B, A01C, A02A, A03X);
- un modulo nell'area disciplinare dell'informatica (K05B);
- quattro moduli da scegliere nelle aree disciplinari della logica matematica e delle matematiche complementari (A01A, A01D);
- due moduli da scegliere nelle aree disciplinari della informatica e della probabilità e statistica matematica (K05B, A02B).

Lo studente dovrà infine scegliere altri 4 corsi modulari tra gli insegnamenti attivati.

#### *Indirizzo applicativo*

Nel secondo biennio il piano degli studi deve prevedere obbligatoriamente l'equivalente di:

- due moduli nell'area disciplinare dell'analisi matematica (A02A);
- due moduli nell'area disciplinare della fisica matematica (A03X);
- due moduli nell'area disciplinare dell'informatica (K05B);
- un modulo nell'area disciplinare della probabilità e statistica matematica (A02B);
- un modulo nell'area disciplinare dell'analisi numerica (A04A);
- tre ulteriori moduli da scegliere nelle aree disciplinari della informatica, dell'analisi numerica, della fisica matematica, della fisica, della probabilità e statistica matematica, della ricerca operativa e della matematica finanziaria e scienze attuariali (K05B, A04A, A03X, B01A, B01B, B01C, B02A, A02B, A04B, S04B).

Lo studente dovrà infine scegliere altri 3 corsi modulari tra gli insegnamenti attivati.

## **Percorsi consigliati**

Ai fini di assicurare un'adeguata preparazione in determinati settori professionali e favorire così l'inserimento nel mondo del lavoro, la Facoltà propone alcuni percorsi di studio in cui si prevedono pacchetti di corsi coordinati.

### **1. Percorso applicativo-informatico**

Questo percorso consente di acquisire, nei quattro anni previsti per la laurea in Matematica, una preparazione in campo informatico di ottimo livello, sostanzialmente equivalente al corso di laurea in Informatica (5 anni), grazie alla forte preparazione di base in Matematica.

Il percorso tiene ben presenti i concetti e gli obiettivi della “nuova informatica”, dove le attitudini del matematico, portato all'astrazione e alla manipolazione di modelli simbolici, costituiscono una risorsa con grandi prospettive.

Gli insegnamenti previsti in questo percorso, per il secondo biennio (14 moduli), sono:

2 moduli di “Istituzioni di analisi superiore”

2 moduli di “Istituzioni di fisica matematica”

2 moduli di “Fondamenti dell'informatica”

1 modulo di “Analisi numerica”

2 moduli di “Sistemi di elaborazione dell'informazione”

1 modulo di “Metodi e modelli per l'organizzazione e la gestione”

2 moduli di “Statistica matematica”

1 modulo di “Logica matematica”

1 modulo di “Intelligenza artificiale”.

### **2. Percorso applicativo-numeric**

Questo percorso consente di acquisire una preparazione di ottimo livello nel campo del trattamento e della simulazione numerica di modelli matematici provenienti dalle più svariate applicazioni in campo fisico, ingegneristico, medico, economico, ecc.

L'approccio modellistico consente di percorrere il cammino, verso la risoluzione di un problema, a partire dalla sua formulazione matematica, per giungere alla realizzazione di un modello discreto e quindi alla effettiva soluzione numerica e alla verifica dei risultati.

D'altra parte la simulazione numerica, basata sull'uso dei moderni strumenti per il calcolo scientifico e tecnico, rappresenta un mezzo sempre più valido sia per la presentazione dei risultati in forme direttamente fruibili dalle applicazioni, sia per la loro verifica, soprattutto quando il confronto con l'esperienza sul campo risulta o troppo complesso o dispendioso.

Gli insegnamenti previsti in questo percorso, per il secondo biennio (14 moduli), sono:

- 2 moduli di "Istituzioni di analisi superiore"
- 2 moduli di "Istituzioni di fisica matematica"
- 2 moduli di "Fondamenti dell'informatica"
- 2 moduli di "Analisi numerica"
- 1 modulo di "Metodi di approssimazione"
- 2 moduli di "Sistemi di elaborazione dell'informazione"
- 2 moduli di "Statistica matematica"
- 1 modulo a scelta.

### **3. Percorso applicativo-economico**

Questo percorso consente di acquisire una preparazione di ottimo livello nell'utilizzo di modelli matematici in campo economico, secondo le più recenti tendenze con grandi prospettive nell'ambito finanziario.

Gli insegnamenti previsti in questo percorso, per il secondo biennio (14 moduli), sono:

- 2 moduli di "Istituzioni di analisi superiore"
- 2 moduli di "Istituzioni di fisica matematica"
- 2 moduli di "Fondamenti dell'informatica"
- 2 moduli di "Analisi numerica"
- 1 modulo di "Sistemi di elaborazione dell'informazione"
- 1 modulo di "Metodi e modelli per l'organizzazione e la gestione"
- 2 moduli di "Statistica matematica"
- 2 moduli di "Matematica finanziaria".

INSEGNAMENTI ATTIVATI RELATIVI AL SECONDO BIENNIO

**Area disciplinare della logica matematica (A01A)**

Logica matematica

**Area disciplinare dell'algebra (A01B)**

Algebra superiore

Istituzioni di algebra superiore

**Area disciplinare della geometria (A01C)**

Geometria superiore

Istituzioni di geometria superiore

**Area disciplinare delle matematiche complementari (A01D)**

Fondamenti della matematica

Matematiche complementari

Storia delle matematiche

**Area disciplinare dell'analisi matematica (A02A)**

Analisi funzionale

Analisi superiore

Istituzioni di analisi superiore

**Area disciplinare della probabilità e statistica matematica (A02B)**

Statistica matematica

**Area disciplinare della fisica matematica (A03X)**

Istituzioni di fisica matematica

**Area disciplinare dell'analisi numerica (A04A)**

Analisi numerica

Metodi di approssimazione

**Area disciplinare della ricerca operativa (A04B)**

Metodi e modelli per l'organizzazione e la gestione

**Area disciplinare della fisica (settori B01A, B01B, B01C, B02A)**

Fisica superiore (B01A)

Istituzioni di fisica teorica (B02A)

Preparazione di esperienze didattiche (B01C)

**Area disciplinare dell'informatica (settore K05B)**

Fondamenti dell'informatica (K05B)

Intelligenza artificiale (K05B)

Sistemi di elaborazione dell'informazione (K05B)

**Area disciplinare della matematica finanziaria e scienze attuariali (S04B)**

Matematica finanziaria

### Distribuzione degli insegnamenti tra il III e il IV anno

		<i>anno di corso</i>
Algebra superiore	<i>(1 modulo)</i>	IV
Analisi funzionale	<i>(1 modulo)</i>	III
Analisi numerica	<i>(2 moduli)</i>	III <sup>(°)</sup>
Analisi superiore	<i>(2 moduli)</i>	IV
Fisica superiore	<i>(2 moduli)</i>	IV
Fondamenti della matematica	<i>(1 modulo)</i>	IV
Fondamenti dell'informatica	<i>(2 moduli)</i>	II e III (+)
Geometria superiore	<i>(2 moduli)</i>	IV
Intelligenza artificiale	<i>(2 moduli)</i>	IV
Istituzioni di algebra superiore	<i>(2 moduli)</i>	III
Istituzioni di analisi superiore	<i>(2 moduli)</i>	III
Istituzioni di fisica matematica	<i>(2 moduli)</i>	III e IV
Istituzioni di geometria superiore	<i>(2 moduli)</i>	III
Logica matematica	<i>(1 modulo)</i>	IV
Matematica finanziaria	<i>(2 moduli)</i>	IV
Matematiche complementari	<i>(2 moduli)</i>	III
Metodi di approssimazione	<i>(1 modulo)</i>	IV
Metodi e modelli per l'organizzazione e la gestione	<i>(1 modulo)</i>	IV
Preparazione di esperienze didattiche	<i>(2 moduli)</i>	IV
Sistemi di elaborazione dell'informazione	<i>(2 moduli)</i>	III e IV
Statistica matematica	<i>(2 moduli)</i>	IV
Storia delle matematiche	<i>(2 moduli)</i>	III e IV

*(°) Per gli studenti dell'indirizzo generale sarà possibile frequentare "Analisi numerica" anche al IV anno.*

*(+) Per gli studenti dell'indirizzo applicativo è fortemente consigliato anticipare "Fondamenti dell'informatica" al II anno.*

### **Dipendenza e indipendenza reciproca del I e II modulo per gli insegnamenti del secondo biennio**

Analisi numerica	I modulo propedeutico al II
Analisi superiore	I modulo propedeutico al II
Fisica superiore	moduli indipendenti
Fondamenti dell'informatica	I modulo propedeutico al II
Geometria superiore	moduli indipendenti
Intelligenza artificiale	I modulo propedeutico al II
Istituzioni di algebra superiore	moduli indipendenti
Istituzioni di analisi superiore	I modulo propedeutico al II
Istituzioni di fisica matematica	moduli indipendenti
Istituzioni di geometria superiore	I modulo propedeutico al II
Matematica finanziaria	I modulo propedeutico al II
Matematiche complementari	I modulo propedeutico al II
Preparazione di esperienze didattiche	I modulo propedeutico al II
Sistemi di elaborazione dell'informazione	I modulo propedeutico al II
Statistica matematica	I modulo propedeutico al II
Storia delle matematiche	moduli indipendenti

### **Norme per la richiesta della tesi**

La richiesta della tesi di laurea può essere fatta solo dagli studenti che siano in debito, al massimo, degli esami corrispondenti a quattro annualità, di cui al più una del primo biennio.

### **Sbocchi professionali**

Il corso di laurea in Matematica fornisce una solida preparazione nelle discipline matematiche ed anche una buona preparazione in discipline affini (fisica, statistica, informatica), che consente al laureato di inserirsi adeguatamente in molti ambiti del mondo del lavoro, ma anche di accedere a corsi di master e di dottorato sia nazionali che internazionali.

Concretamente la laurea in Matematica apre l'accesso alle seguenti attività professionali.

#### *Impieghi ed attività private*

- Centri di ricerca presso aziende.

- Centri di elaborazione dati anche in campo economico-finanziario.
- Aziende in campo informatico.

*Impieghi ed attività pubbliche*

- Enti ed Istituti di ricerca e di ricerca applicata.

*Insegnamento*

- Scuola media inferiore: scienze matematiche, chimiche, fisiche e naturali.
- Scuola media superiore: matematica, matematica applicata, fisica, matematica e fisica, informatica.

# CORSO DI LAUREA IN FISICA

## Triennio di base

Sono obbligatori nel triennio di base gli insegnamenti sotto elencati.

### I anno

#### *I semestre*

- 1) Analisi matematica I (con esercitazioni)
- 2) Geometria (con esercitazioni)

#### *II semestre*

- 3) Fisica generale I (con esercitazioni)
- 4) Esperimentazioni di fisica I (con laboratorio)

### II anno

#### *I semestre*

- 5) Analisi matematica II (con esercitazioni)
- 6) Chimica generale ed inorganica (con esercitazioni)

#### *II semestre*

- 7) Meccanica razionale (con esercitazioni)
- 8) Fisica generale II (con esercitazioni)
- 9) Esperimentazioni di fisica II (con laboratorio)

### III anno

- 10) Metodi matematici della fisica, con esercitazioni (2 moduli)
- 11) Struttura della materia, con esercitazioni (2 moduli)
- 12) Istituzioni di fisica teorica, con esercitazioni (2 moduli)
- 13) Istituzioni di fisica nucleare e subnucleare, con esercitazioni (2 moduli)
- 14) Esperimentazioni di fisica III, con laboratorio (2 moduli)

I corsi di “Analisi matematica I”, “Fisica generale I”, “Esperimentazioni di fisica I” sono propedeutici rispettivamente ai corsi di “Analisi matematica II”, “Fisica generale II”, “Esperimentazioni di fisica II”.

I corsi di “Fisica generale II”, “Analisi matematica II”, “Meccanica razionale”, “Geometria” sono propedeutici al corso di “Istituzioni di fisica teorica”.

I corsi di “Fisica generale II” e “Chimica generale ed inorganica” sono propedeutici al corso di “Struttura della materia”.

Il corso di “Fisica II” è propedeutico ai corsi di “Istituzioni di fisica nucleare e subnucleare” e di “Fisica superiore”.

Il corso di “Esperimentazioni di fisica II” è propedeutico al corso di “Esperimentazioni di fisica III”.

Infine i corsi di “Analisi matematica II” e di “Geometria” sono propedeutici al corso di “Metodi matematici della fisica”.

Sarà possibile frequentare il corso di “Istituzioni di fisica nucleare e subnucleare” anche al quarto anno, previa sostituzione nel terzo anno con il corso di “Fisica superiore”.

Potranno essere iscritti al II anno gli studenti che abbiano superato almeno due esami del primo anno.

Potranno essere iscritti al III anno gli studenti che abbiano superato almeno quattro esami del primo biennio.

Si precisa inoltre che gli insegnamenti di “Analisi matematica I”, “Analisi matematica II”, “Fisica generale I”, “Fisica generale II” e “Meccanica razionale” saranno comuni per i corsi di laurea in Matematica e in Fisica; che gli insegnamenti di “Geometria” e “Metodi matematici della fisica (I modulo)” per il corso di laurea in Fisica saranno mutuati rispettivamente dagli insegnamenti di “Geometria I” e “Istituzioni di analisi superiore (I modulo)” del corso di laurea in Matematica.

### **Anno di indirizzo**

La scelta dell'indirizzo con il piano di studi deve essere effettuata al momento della iscrizione al terzo anno. Lo studente potrà, all'atto dell'iscrizione al quarto anno, chiedere con domanda motivata, di cambiare l'indirizzo prescelto.

Si dà un quadro indicativo di quelli che potranno essere i corsi accesi per i diversi indirizzi.

### **Indirizzo di fisica della materia**

- 15) Fisica dello stato solido
- 16) Laboratorio di fisica della materia
- 17) Corso annuale a scelta
- 18) Due moduli a scelta

**Indirizzo didattico e di storia della fisica**

- 15) Storia della Fisica
- 16) Preparazione di Esperienze Didattiche
- 17) Corso annuale a scelta
- 18) Due moduli a scelta

**Indirizzo di fisica terrestre e dell'ambiente**

- 15) Fisica dell'Ambiente
- 16) Laboratorio di Fisica dell'Ambiente
- 17) Corso annuale a scelta
- 18) Due moduli a scelta

**Indirizzo di fisica dei biosistemi**

- 15) Fisica biomedica
- 16) Laboratorio di Fisica Sanitaria
- 17) Corso annuale a scelta
- 18) Due moduli a scelta

**Insegnamenti opzionali**

Ogni insegnamento fondamentale per un indirizzo può essere scelto come corso opzionale in altri indirizzi. Altri insegnamenti opzionali potranno essere:

- Algebra
- Analisi numerica
- Astrofisica
- Biofisica
- Chimica fisica dello stato solido
- Elettronica
- Elettronica quantistica
- Fisica atomica
- Fisica dei metalli
- Fisica dei superconduttori
- Fisica dell'atmosfera
- Fisica superiore
- Fisica teorica
- Fisica terrestre
- Fluidodinamica

Fondamenti dell'informatica  
Istituzioni di fisica matematica  
Meccanica statistica  
Ottica  
Sistemi di elaborazione dell'informazione  
Statistica matematica  
Termodinamica

### **Sbocchi professionali**

Il corso di laurea in Fisica si propone di formare dei fisici con qualifiche professionali adeguate per l'inserimento nel mondo del lavoro, ma anche con una solida preparazione per accedere a corsi di master e di dottorato sia nazionali che internazionali. Concretamente la laurea in Fisica apre l'accesso alle seguenti attività.

### ***Impieghi ed attività private***

- Centri di ricerca e sviluppo industriali.
- Aziende metallurgiche. Aziende di produzione e sintesi di materiali convenzionali ed innovativi.
- Aziende specializzate nello studio e controllo dell'ambiente del territorio e dei biosistemi.
- Servizi aziendali per sicurezza ed ambiente.
- Industrie di sistemi ad alta tecnologia.
- Centri di elaborazione dati e statistiche.

### **Impieghi ed attività pubbliche**

- Enti ed Istituti di ricerca e ricerca applicata.
- Laboratori e strutture di ricerca internazionali.
- Laboratori di controllo ambientale e del territorio.
- Laboratori di enti ospedalieri.

### **Insegnamento**

- Scuola media inferiore: Scienze matematiche, chimiche e fisiche e naturali.
- Scuola media superiore: Matematica, matematica applicata, matematica e fisica, fisica, impianti nucleari e tecnologie relative, elettronica,

tecnologia fotografica cinematografica e televisiva, impianti elettrici e costruzioni elettromeccaniche, informatica industriale.

## CORSI DI INTRODUZIONE ALLA TEOLOGIA

### **Introduzione alla Teologia dogmatica 1:** Prof. Sac. PIERLUIGI

PIZZAMIGLIO

#### A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

1. Il problema e il mistero di Dio.
2. La divina rivelazione.
3. Gesù Cristo e il mistero di Dio.
4. Teologia delle religioni.

#### B) *BIBLIOGRAFIA*

1. J. FINKENZELLER, *Il problema di Dio*, Paoline, 1986 oppure J. IMBACH, *Breve corso fondamentale sulla fede*, Queriniana, 1993.
2. Lettura e commento della "*Dei Verbum*" oppure J. SCHARBERT, *La Bibbia storia autori messaggi*, EDB, 1981.
3. F. ARDUSSO, *Gesù Cristo figlio del Dio vivente*, San Paolo, 1992.
4. M. DHAVAMONY, *Teologia delle religioni*, San Paolo, 1997.

#### C) *AVVERTENZE*

Il corso prevede un seminario su "Scienze e Fede". Come testo base si userà il volume di A. GANOCZY, *Teologia della natura*, Queriniana, 1997. Chi frequenta il seminario è esonerato dalla parte 4 del programma.

N.B. - Il Prof. Sac. Pierluigi Pizzamiglio riceve gli studenti dopo le lezioni.

### **Introduzione alla Teologia dogmatica 2:** Prof. Sac. ADRIANO

DABELLANI

#### A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

Il secondo anno, che sviluppa la fede cristiana come fatto ecclesiale, ha come contenuto la mediazione storica della salvezza cristiana, cioè la Chiesa e i sacramenti.

1. Gesù all'origine della Chiesa (Spirito e Chiesa, Chiesa primitiva...)
2. Gli elementi costitutivi della Chiesa: il vangelo, il sacramento, la carità
3. Le immagini della Chiesa (società perfetta, corpo mistico, popolo di Dio, sacramento di salvezza...)
4. La Chiesa comunione fraterna e apostolica (collegio episcopale e primare, magistero e infallibilità, ministeri e carismi...)
5. L'iniziazione cristiana: il ruolo dei sacramenti e il compito della Chiesa (battesimo, cresima ed eucarestia)
6. Chiesa, peccato e riconciliazione

7. Le scelta della maturità cristiana: matrimonio e consacrazione
8. La Chiesa e la società (il servizio dell'unità, la testimonianza della santità, il pellegrinaggio nella storia...)
9. La missione cattolica della Chiesa (evangelizzazione nella storia, missione mondiale...)

B) **BIBLIOGRAFIA**

M. QUALIZZA, *Iniziazione cristiana*, San Paolo, Milano 1996.  
 M. ORSATTI, *Armonia e tensioni nella comunità: seconda lettera ai Corinti*, EDB 1988.  
 S. PIÈ-NINOT, *Introduzione alla ecclesiologia*, Piemme, Casale Monferrato 1986.  
*Lumen Gentium e Gaudium et Spes* (di questi documenti del Concilio Vaticano II esistono diverse interpretazioni; si consiglia L. SARTORI, *la Lumen Gentium, traccia di studio*, Messaggero, Padova 1994; G. CAMPANINI (a cura di), *Gaudium et Spes, introduzione e commento*, Piemme, Casale Monferrato 1986.

C) **AVVERTENZE**

Al corso verrà affiancato un seminario di studio su “*La Sinagoga e la Chiesa*”.  
 Bibliografia e tematiche saranno offerte durante il corso.

N.B. - Il Prof. Sac. Adriano Dabellani riceve gli studenti presso il Centro Pastorale.

**Introduzione alla Teologia morale 3: Prof. Sac. RENATO MUSATTI**

A) **PROGRAMMA DEL CORSO**

*Morale cristiana e vita nuova in Cristo*

Un primo momento del corso sarà dedicato a rileggere brevemente la storia della teologia morale, focalizzando un'attenzione forte al momento conciliare. Inoltre, si collocherà lo sguardo al passato e al bisogno di un rinnovamento dentro l'attuale contesto culturale, chiarendo le motivazioni del perchè la morale oggi, sia filosofica che teologica, deve porsi di fronte ai nuovi problemi etici posti dalle trasformazioni culturali scientifiche in atto.

I. Il rinnovamento della teologia morale richiede una rifondazione biblica della morale stessa. Si vedrà come un'etica biblica, nell'AT, è inseparabile dalla questione religiosa: l'Alleanza è il patto nuziale tra Dio e il suo popolo e la torah viene dall'alto ed è sorgente di ogni benedizione. Il NT presenta la centralità di Cristo, il Signore, che con l'annuncio del Regno e delle beatitudini, si propone qui ed ora ai discepoli e chiede che la loro nuova vita si dispieghi nel riconoscerlo e nell'obbedire a Lui come Messia morto e risorto. Le lettere paoline, soprattutto la lettera ai Galati e ai Romani, chiariscono l'idea di legge; legge non vista in modo sistemico ma “legge di Cristo” in dialogo con la vita e i problemi della comunità. Ci si soffermerà, inoltre, sulla sintesi di tutta la vita cristiana che

Giovanni opera proponendo un rapporto stretto tra il credente in Cristo e la Carità.

2. Struttura dell'etica cristiana.

Dalla persona all'agire come esperienza morale, dalla norma (universalità e determinazione, con particolare attenzione alla "legge naturale") alla coscienza.

3. La risposta negativa all'esigenza morale: il problema della colpa.

4. Possibile cammino di una vita secondo lo Spirito.

B) **BIBLIOGRAFIA**

H. WEBER, *Teologia morale generale*, Ed. San Paolo, 1996.

M. CHIODI, *Morale fondamentale*, Manuale di Base, n. 28, Ed. Piemme, V ed., 1994.

U. NERI, *I fondamenti biblici dell'etica cristiana*, EDB, Bologna, 1996.

Una Bibbia, possibilmente la *Bibbia di Gerusalemme*, ED. Dehoniane, Bologna.

PAPA GIOVANNI PAOLO II, *Evangelium vitae*, Lettera Enciclica, 25-3-1995.

C) **AVVERTENZE**

*N.B.* - Il Prof. Sac. Renato Musatti riceve gli studenti prima e dopo le lezioni nel suo studio.



## INSEGNAMENTI

### 1. Algebra superiore (un modulo): Prof. ANDREA LUCCHINI

#### A) PROGRAMMA DEL CORSO

Introduzione alla teoria dei gruppi: concetti fondamentali; gruppi liberi e gruppi finitamente presentati; gruppi nilpotenti e localmente nilpotenti;  $p$ -gruppi finiti; gruppi risolubili e sottogruppi di Hall; gruppi di permutazione  $k$ -transitivi e primitivi; proprietà di finitezza nei gruppi infiniti; metodi computazionali in teoria dei gruppi; il processo di enumerazione di Todd-Coxeter; conseguenze della classificazione dei gruppi semplici e problemi aperti.

#### B) BIBLIOGRAFIA

D.J. ROBINSON, *A Course in Theory of Groups*, Springer-Verlag, New York 1981.

#### C) AVVERTENZE

*N.B.* - Il Prof. Andrea Lucchini riceve gli studenti il giovedì dalle ore 15.00 alle ore 16.00 nel suo studio.

### 2. Algebra: Prof. MARIA CLARA TAMBURINI

#### A) PROGRAMMA DEL CORSO

#### 1. Insiemi

Generalità. Relazioni binarie, applicazioni. Prodotto di applicazioni. Relazioni d'ordine. Relazioni di equivalenza e partizioni. Insieme quoziente. Equipotenza fra insiemi, cardinalità. Teorema di Cantor.

#### 2. I numeri interi

Buon Ordinamento e principio di induzione. L'algoritmo della divisione. Massimo comune divisore e algoritmo delle divisioni successive. Relazioni di congruenza modulo  $n$ . Congruenze lineari. Equazioni diofantee. Teorema fondamentale dell'aritmetica. Numeri in base  $n$ .

#### 3 Monoidi e gruppi

Generalità ed esempi. Gruppo simmetrico e gruppo alterno. Sottogruppo generato da un sottoinsieme, gruppi ciclici. Periodo di un elemento. Lateralità di un sottogruppo. Teorema di Lagrange. Omomorfismi. Sottogruppi normali e gruppi quoziente. Teorema di Cayley. Prodotto diretto di gruppi.

#### 4. Anelli e campi

Generalità ed esempi. Ideali e anelli quoziente. Omomorfismi. Caratteristica di un anello. Sottocampo minimo di un corpo. Campo dei quozienti di un dominio di integrità. Anelli di polinomi. Radici. Teorema di Ruffini.

#### 5. *Dominii fattoriali*

Divisibilità in un dominio di integrità. Dominii euclidei e dominii a ideali principali. Teorema Cinese del resto. Anelli a fattorizzazione unica. Criteri per l'irriducibilità di un polinomio in  $\mathbf{R}[x]$  e in  $\mathbf{Q}[x]$ . Lemma di Gauss, criterio di Eisenstein.

#### 6. *Matrici*

Somma e prodotto di matrici. Determinanti. Operazioni elementari su righe e colonne. Forma normale di una matrice, fattori invarianti.

#### 7. *Moduli*

Spazi vettoriali e moduli su un anello. Sottomoduli, omomorfismi e moduli quoziente. Torsione. Moduli ciclici, decomposizione primaria. Somme e prodotti diretti. Moduli liberi, basi. Teorema di struttura dei moduli finitamente generati su un dominio a ideali principali. Applicazioni agli spazi vettoriali e ai gruppi abeliani finitamente generati.

#### 8. *Forme canoniche delle matrici*

La forma canonica razionale e la forma canonica di Jordan. Autovalori, autovettori.

#### 9. *Reticoli e algebre di Boole*

I reticoli come insiemi parzialmente ordinati. Reticoli e anelli di Boole.

### B) *BIBLIOGRAFIA*

M.C. TAMBURINI, *Appunti di algebra*, ISU, 1999.

I.N. HERSTEIN, *Algebra*, Editori Riuniti, 1982.

N. JACOBSON, *Basic Algebra I*, Free & Company, 1989.

C. MARCHIONNA TIBILETTI, V. ZAMBELLI, *Esercizi di algebra*, Masson, 1987.

F. AYRES, *Theory and problems of matrices*, Schaum's Series, McGraw-Hill, 1962.

F. AYRES, *Theory and problems of Modern Algebra*, Schaum's Series, McGraw-Hill, 1962.

### C) *AVVERTENZE*

*N.B.* - La Prof.ssa Maria Clara Tamburini riceve gli studenti il lunedì dalle ore 14,30 alle ore 16,30 nel suo studio.

**3. Analisi funzionale** (un modulo): Prof. RINALDO M. COLOMBO

### A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

1. Teoria della misura.  
Teorema di rappresentazione di Riesz. Teorema di Radon – Nikodym.
2. Spazi di funzioni misurabili.  
Punti di Lebesgue. Limiti approssimati. Funzioni a variazione limitata. Il Teorema di Helly. La “*scala di Cantor*”. Funzioni assolutamente continue.
3. Topologie deboli.  
Spazi di Banach. Topologie debole e debole. Criteri di compattezza, Teorema di Banach – Alaoglu. Relazioni con la topologia forte.

#### B) BIBLIOGRAFIA

A lezione verranno suggeriti diversi testi di riferimento e, per alcune parti del programma, saranno disponibili delle dispense.

*N.B.* - Il Prof. Rinaldo M. Colombo riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

#### 4. **Analisi matematica I:** Prof. MARCO DEGIOVANNI

##### A) PROGRAMMA DEL CORSO

Elementi di logica. Proposizioni e connettivi. Predicati e quantificatori. La teoria degli insiemi di Zermelo-Fraenkel. La costruzione dell'insieme dei numeri reali.

Estremo superiore ed estremo inferiore. Numeri naturali, interi e razionali. Proprietà di Archimede e densità dei numeri razionali. Costruzione dell'insieme dei numeri complessi.

Limiti e continuità per funzioni reali di una variabile reale. Massimo e minimo limite. Successioni e sottosuccessioni. Teorema di Bolzano-Weierstrass. Criterio di convergenza di Cauchy. Il teorema di Weierstrass. Uniforme continuità. Serie a termini reali. Serie a termini reali positivi. Criteri del confronto, della radice, del rapporto e di condensazione. Criterio di Leibniz. Estensioni al caso complesso.

La funzione esponenziale in ambito complesso. Funzioni circolari. Logaritmi ed esponenziali con base arbitraria. Funzioni circolari inverse. Il teorema fondamentale dell'algebra.

La derivata. I teoremi di Rolle, Cauchy e Lagrange. Applicazioni allo studio di funzione. I teoremi di L'Hôpital. La formula di Taylor. Funzioni convesse.

La teoria dell'integrazione secondo Riemann. Integrabilità delle funzioni monotone e delle funzioni continue. Il teorema fondamentale del

calcolo integrale. Formule di integrazione per sostituzione e per parti. Integrazione delle funzioni razionali. Integrali impropri e relazione con le serie. Integrazione a valori complessi.

Equazioni differenziali lineari del primo ordine. Equazioni differenziali lineari del secondo ordine a coefficienti costanti. Equazioni differenziali a variabili separabili.

#### B) BIBLIOGRAFIA

- E. ACERBI & G. BUTTAZZO, *Primo corso di Analisi matematica*, Pitagora Editrice, Bologna 1997.  
J.P. CECCONI & G. STAMPACCHIA, *Analisi matematica I: Funzioni di una variabile*, Liguori, Napoli 1974.  
C. CINTRI, *Analisi matematica I*, Boringhieri, Torino 1991.  
G. GILARDI, *Analisi Uno*, McGraw-Hill Italia, Milano 1992.  
E. GIUSTI, *Analisi matematica I*, Boringhieri, Torino 1984.  
C. D. PAGANI & S. SALSA, *Analisi matematica*, volume 1, Masson, Milano 1990.  
G. PRODI, *Analisi matematica*, Boringhieri, Torino 1970.

Verranno inoltre distribuite delle dispense sui vari argomenti del corso.

N.B. - Il Prof. Marco Degiovanni riceve gli studenti prima delle lezioni nel suo studio.

### 5. **Analisi matematica II:** Prof. MARCO MARZOCCHI

#### A) PROGRAMMA DEL CORSO

Spazi unitari e spazi normati. Spazi metrici, intorni, aperti e chiusi. Limite e continuità di un'applicazione. Successioni. Spazi metrici completi. Teorema delle contrazioni. Serie. Spazi metrici compatti per successioni e per ricoprimenti. Compattezza negli spazi euclidei. Teorema di Weierstrass. Uniforme continuità. Spazi metrici connessi. Nozioni di equivalenza fra metriche. Spazi normati ed unitari di dimensione finita.

Derivata direzionale e differenziale. Calcolo differenziale in dimensione finita. Derivate direzionali di ordine superiore e loro simmetria. Formula di Taylor. Studio di massimi e minimi locali. I teoremi di inversione locale e delle funzioni implicite. Sottovarietà. Teorema dei moltiplicatori di Lagrange. Forme quadratiche ed autovalori.

La misura di Hausdorff in uno spazio euclideo. Misure esterne in uno spazio euclideo. Funzioni misurabili, funzioni integrabili e funzioni sommabili. Teoremi di passaggio al limite sotto il segno di integrale. Teorema di Fubini. Formula dell'area e teorema di cambiamento di

variabile. Integrali dipendenti da un parametro. Formula di Gauss-Green e teorema della divergenza. Teorema di Stokes.

Sistemi di equazioni differenziali ordinarie del primo ordine. Esistenza ed unicità locale per il problema di Cauchy. Soluzioni massimali. Il caso lineare. Wronskiano e metodo di variazione delle costanti. Equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti.

Forme differenziali lineari. Integrale lungo una curva. Forme differenziali esatte. Forme differenziali chiuse. Aperti semplicemente connessi. Campi di vettori solenoidali. Potenziale vettore su aperti stellati.

#### B) BIBLIOGRAFIA

R.A. ADAMS, *Calcolo differenziale 2. Funzioni di più variabili*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano 1993.

C. CITRINI, *Analisi matematica 2*, Boringhieri, Torino 1992.

W.H. FLEMING, *Functions of several variables*, Springer-Verlag, Berlin 1977.

G. GILARDI, *Analisi Due*, McGraw-Hill Italia, Milano 1993.

E. GIUSTI, *Analisi matematica 2*, Boringhieri, Torino 1984.

C.D. PAGANI-S. SALSA, *Analisi matematica*. Volume 2, Masson, Milano 1991.

G. PRODI, *Analisi matematica*. Parte II, Editrice Tecnico Scientifica, Pisa 1971.

W. RUDIN, *Principi di analisi matematica*, McGraw-Hill Italia, Milano 1991.

Verranno inoltre distribuite delle dispense sui vari argomenti del corso.

N.B. - Il Prof. Marco Marzocchi riceve gli studenti prima delle lezioni nel suo studio.

### 6. Analisi numerica (I modulo): Prof. MAURIZIO PAOLINI

#### A) PROGRAMMA DEL CORSO

Teoria degli errori: errore assoluto/relativo, condizionamento di problemi matematici, propagazione dell'errore, rappresentazione floating point, stabilità di algoritmi.

Risoluzione numerica dei sistemi lineari: eliminazione di Gauss, strategie pivotali, metodi compatti, fattorizzazione di Choleski, metodi iterativi di Jacobi, Gauss-Seidel, SOR. Metodo del Gradiente coniugato.

Calcolo degli autovalori di una matrice: metodo delle potenze e potenze inverse, trasformazioni di similitudine di Householder e di Givens, fattorizzazione QR e metodo QR.

Calcolo degli zeri di funzioni nonlineari: bisezione, regula falsi, secanti,

Newton, ordine di convergenza, iterazione funzionale, accelerazione di Aitken.

B) *BIBLIOGRAFIA*

V. COMINCIOLI, *Analisi numerica*, McGraw-Hill, Milano 1990.

K.E. ATKINSON, *An introduction to numerical analysis*, J. Wiley & Sons, New York 1966.

C) *AVVERTENZE*

*N.B.* - Il Prof. Maurizio Paolini riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

**7. Analisi numerica (II modulo): Prof. FRANCO PASQUARELLI**

A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

Approssimazione di funzioni: interpolazione, minimi quadrati, best approximation. Integrazione numerica: formule di Newton-Cotes e di Gauss. Equazioni differenziali: metodi numerici per il problema di Cauchy.

B) *BIBLIOGRAFIA*

K.E. ATKINSON, *An introduction to numerical analysis*, J. Wiley & Sons, New York 1966.

A.QUARTERONI-R. SACCO-F. SALERI, *Matematica numerica*, Springer 1998.

V. COMINCIOLI, *Analisi numerica*, McGraw-Hill 1990.

*N.B.* - Il Prof. Franco Pasquarelli riceve gli studenti dopo le lezioni.

**8. Analisi superiore : Prof. ROBERTO LUCCHETTI**

A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

Il corso si concentra su problemi di ottimizzazione in ambito convesso, specialmente dal punto di vista della buona posizione del problema e della sua stabilità. Si rivolge agli studenti di ogni indirizzo. In particolare può essere utile agli studenti dell'indirizzo applicativo, in quanto si sofferma anche sugli algoritmi per trovare punti di minimo in problemi vincolati, ed in presenza di funzioni anche non derivabili ovunque.

Il corso è articolato in due moduli indipendenti, anche se, per seguire il secondo modulo è assai utile avere almeno le conoscenze di base fornite dal primo modulo. In dettaglio:

*Primo Modulo:*

Funzione convesse: generalità, funzioni convesse estese, proprietà di continuità, principali operazioni in convessità, il sottodifferenziale convesso, il sottodifferenziale approssimato, teoria della dualità, algoritmi per la minimizzazione di funzioni convesse.

*Secondo Modulo:*

introduzione alle topologie ed alle convergenze sullo spazio dei chiusi di uno spazio metrico, topologie classiche e topologie moderne, equivalenze fra le topologie. Applicazione agli epigrafici delle funzioni.

Approfondimento delle topologie di Mosco, bounded-Hausdorff e slice. Continuità di operazioni fondamentali secondo le varie topologie.

Problemi ben posti secondo Tykhonov, Levitin-Polyak e in senso forte.

Stabilità di un problema minimo.

Relazioni fra stabilità e buona posizione.

**B) BIBLIOGRAFIA**

Saranno in distribuzione di volta in volta dispense sulle lezioni svolte.

**C) AVVERTENZE**

*N.B.* - Il Prof. Roberto Lucchetti riceve gli studenti il mercoledì dalle ore 13.00 alle ore 15.00.

**9. Chimica generale ed inorganica: Prof. LAURA E. DEPERO**

**A) PROGRAMMA DEL CORSO**

*La Materia.*

Stati di aggregazione, fasi, tecniche di separazione di miscele eterogenee, teoria atomica di Dalton, tavola periodica, elementi e composti, formule, nomenclatura chimica, mole e molarità, legge della conservazione della massa, agente limitante, resa teorica e resa percentuale, numero di ossidazione, esempi di reazioni chimiche.

*La Termodinamica Chimica.*

I gas ideali e reali, il primo principio, processi endotermici e esotermici, la termochimica, capacità termica, entalpia, dipendenza dell'entalpia dalla

temperatura, energie di legame, i combustibili, il secondo principio, l'energia libera di Gibbs, l'equilibrio dinamico nelle reazioni chimiche, la costante d'equilibrio, l'equazione di van't Hoff.

#### *L'Equilibrio Chimico.*

Equilibri eterogenei, equilibri simultanei, reazioni nello stato gassoso, Principio di Le Chatelier, esempi di applicazione, calcolo della costante di equilibrio, reazioni accoppiate: estrazione dei metalli dai rispettivi ossidi, diagramma di Ellingham, gli acidi e le basi, autoprotolisi dell'acqua e PH, acidi poliprotici, i sali in ambiente acquoso, titolazioni, effetto tampone, indicatori acido-base, sali poco solubili, le acque naturali

#### *Equilibri di fase e diagrammi di stato.*

Equazione di Clapeyron, diagrammi di stato di sostanze pure, esempi: acqua, anidride carbonica, zolfo, discussione con il Principio di Le Chatelier, proprietà delle soluzioni, l'atmosfera, soluzioni ideali, la legge di Raoult, la legge di Henry, soluzioni ideali di soluti non volatili: le proprietà colligative, diagrammi di stato di sistemi a due componenti, varianza del sistema e regola delle fasi, regola della leva, miscele di liquidi miscibili e volatili, azeotropi, miscele di liquidi (o solidi) parzialmente miscibili, eutettico.

#### *Elettrochimica.*

La pila Daniell, equazione di Nerst, potenziali di riduzione standard, diversi tipi di elettrodi, esempi di celle di impiego pratico, pile a concentrazione, fenomeni di corrosione e passivazione, elettrolisi, legge di Faraday, le sovratensioni.

#### *La Struttura Atomica.*

La quantizzazione, l'equazione di Schrödinger, atomi idrogenoidi e numeri quantici, orbitali s, p e d, Principio di esclusione di Pauli, regola di Hund, tavola periodica e proprietà periodiche degli elementi.

#### *La Cinetica.*

Velocità di reazione, legge cinetica, costante cinetica, ordine di reazione, tempo di dimezzamento, dipendenza della costante cinetica dalla temperatura: equazione di Arrhenius, teoria degli urti, teoria del complesso attivato, catalizzatori.

#### *Il Legame Chimico.*

Teoria di Lewis, ibrido di risonanza, acidi e basi secondo Lewis, teoria della repulsione delle coppie elettroniche del guscio di valenza, esempi, teoria del legame di valenza, ibridizzazione, teoria degli orbitali molecolari, molecole biatomiche omonucleari e eteronucleari, molecole poliatomiche, metalli, semiconduttori e isolanti, teoria delle bande, semiconduttori drogati, giunzione p-n.

*Coesione e Struttura.*

Solidi ionici, entalpia reticolare, ciclo di Born-Haber, costante di Madelung, forze di van der Waals, legame a idrogeno, proprietà dei liquidi, solidi cristallini, impacchettamenti compatti nei metalli, cenni ai difetti nei solidi.

B) *BIBLIOGRAFIA*

P.W. ATKINS-L.JONES, *Chimica generale*, Zanichelli.

P.W. ATKINS, *Chimica Fisica*, Zanichelli.

P.W. ATKINS, *Elementi di Chimica Fisica*, Zanichelli.

L.PAULING, *General Chemistry*, Dover Publications.

*N.B.* - La Prof.ssa Laura E. Depero riceve gli studenti previo appuntamento telefonico (030-3715472 oppure 3715406).

**10. Esperimentazioni di fisica I:** Prof. GIANLUCA GALIMBERTI

## A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

### Parte prima

Introduzione all'analisi degli errori. Lo studio delle incertezze nelle misure fisiche.

Descrizione preliminare dell'analisi degli errori. Errori casuali ed errori sistematici.

Come rappresentare ed utilizzare gli errori. Errori relativi. Media e deviazione standard. Deviazione standard come l'incertezza in una singola misura. La deviazione standard della media.

Istogrammi e distribuzioni. Distribuzione normale. Giustificazione della media come la miglior stima. Deviazione standard come il limite di confidenza.

Rigetto dei dati: criterio di Chauvenet.

Il problema di combinare misure separate. La media pesata.

Metodo dei minimi quadrati. Covarianza e correlazione.

Il test del  $\chi^2$  per una distribuzione. Definizione generale di  $\chi^2$  Gradi di libertà e  $\chi^2$  ridotto.

Probabilità per il  $\chi^2$ .

Introduzione alle esperienze di laboratorio.

### Parte seconda

8 esperienze di laboratorio: cinematica, dinamica del corpo rigido e termodinamica.

## B) *BIBLIOGRAFIA*

Per la prima parte:

TAYLOR, *Introduzione all'analisi degli errori*, Zanichelli, Bologna 1986.

*N.B.* - Il Prof. Gianluca Galimberti riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

**11. Esperimentazioni di fisica II:** Prof. LUCIA H. DE SALVO SOUZA

A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

- Bilancia di Coulomb.
- Forze elettriche.
- Condensatori e circuiti RC in corrente continua e alternata.
- Esperimento di Millikan.
- Misura della carica degli elettroni.
- Esperimento di Thomson.
- Misura rapporto carica / massa degli elettroni.
- Ottica fisica e geometrica.
- Bilancia elettrodinamica.
- Uso dell'oscilloscopio.
- Circuito oscillante (RLC) e frequenza di risonanza.

B) *BIBLIOGRAFIA*

Dispense distribuite durante il corso.

*N.B.* – La Prof.ssa Lucia H. De Salvo Souza riceve gli studenti in laboratorio prima delle lezioni.

**12. Esperimentazioni di Fisica III:** Prof. LUIGI SANGALETTI

A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

Il corso prevede, dopo una introduzione sugli aspetti teorici, l'esecuzione di una serie di esperimenti di fisica delle radiazioni ionizzanti (spettroscopia dei raggi  $\alpha$ ,  $\gamma$ , e dei raggi X) e di fisica atomica e dello stato solido (spettri di emissione da lampade a idrogeno, elio, neon, effetto fotoelettrico, effetto fotovoltaico, fotoluminescenza, elettroluminescenza). Lo scopo del corso è duplice. Da una parte quello di permettere un approfondimento di alcuni aspetti dell'ottica fisica, dell'interazione radiazione-materia e della spettroscopia che stanno alla base della fisica moderna, dall'altra quello di familiarizzare lo studente con la strumentazione di base della spettroscopia e dell'optoelettronica.

*I Modulo:*

Teoria

- Cenni all'interazione radiazione materia
- Rivelatori di particelle ionizzanti (scintillatori, camere a ionizzazione)
- Strumentazione Ottica: interferometri, reticoli di diffrazione, spettrometri a prisma e a reticolo, sorgenti (laser, lampade a incandescenza) e rivelatori (fotodiodi, fotomoltiplicatori, CCD)

Esperienze comuni a tutti gli studenti:

esperimenti sulla radioattività  $\alpha$   
 esperimenti sulla radioattività  $\gamma$   
 attenuazione dei raggi X  
 diffrazione da polveri

*II Modulo. Esperienze di laboratorio*

Gli studenti divisi in gruppi, sceglieranno una delle seguenti esperienze:

Gruppo A

Misure della risposta di una cella fotovoltaica al variare della intensità e della lunghezza d'onda della radiazione incidente e al variare della temperatura.

Gruppo B

Misure di spettri di emissione e di assorbimento.

Misure di luminescenza su materiali fotoluminescenti o dispositivi elettroluminescenti.

Gruppo C

Calibrazione di un ellissometro

Misure di Elissometria

B) *BIBLIOGRAFIA*

ADRIAN C. MELISSINOS, *Experiments in Modern Physics*, Academic Press, Inc., Boston 1966.

R. LEO WILLIAM, *Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments*, Springer-Verlag, Berlino.

GRANT R. FOWLES, *Introduction to Modern Optics*, Dover Publications, Inc., New York 1989.

*N.B.* - Il Prof. Luigi Sangaletti riceve gli studenti il martedì dalle ore 9,30 alle ore 12 nel suo studio.

**13. Fisica generale I:** Prof. MASSIMO SANCROTTI

A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

**1. Nozioni introduttive.**

Scopi della fisica e metodo scientifico. La definizione operativa delle

grandezze fisiche. Indici di stato. Grandezze fondamentali e derivate. Sistemi di unità di misura. Misura del tempo. Misura della lunghezza. Grandezze vettoriali e grandezze scalari.

## **2. Il moto: nozioni cinematiche.**

Sistemi di riferimento. Spostamento. Traiettoria. Velocità e accelerazione. Moto uniforme. Moto uniformemente accelerato. Moto circolare uniforme. Moto di un punto su una traiettoria qualsiasi. Accelerazione tangenziale e normale. Composizione e scomposizione dei moti.

## **3. Il moto: la dinamica newtoniana.**

Il principio d'inerzia e i sistemi di riferimento inerziali. La massa. La quantità di moto. La forza. La seconda legge di Newton. Il principio di azione e reazione e la conservazione della quantità di moto. L'impulso. Momento di una forza. Momento angolare. L'integrazione dell'equazione del moto per alcuni tipi di forze. Forza ostante. Forza elastica e moto armonico. Caduta dei gravi. Forze d'attrito. Interazioni fondamentali. Applicazioni della conservazione della quantità di moto. Fenomeni impulsivi.

## **4. La relatività del moto.**

Il principio di relatività. Le trasformazioni di Galileo. Il moto in sistemi di riferimento non inerziali e le pseudo-forze a. Pseudo-forza centrifuga e pseudo-forza di Coriolis. Il pendolo di Foucault. Principio di equivalenza. Cenni di relatività ristretta.

## **5. Energia.**

Lavoro e energia cinetica. Forze conservative e energia potenziale. Le forze centrali come forze conservative. Forza come gradiente dell'energia potenziale. Conservazione dell'energia meccanica. Esempio dei moti oscillatori semplici, smorzati e forzati. Urti elastici e anelastici.

## **6. Gravitazione.**

Leggi di Keplero. Legge di gravitazione universale. Il campo gravitazionale. La forza di gravitazione come forza centrale. Il momento angolare e la sua conservazione in campi di forze centrali. Classificazione delle orbite in un campo gravitazionale. Massa inerziale e massa gravitazionale.

## **7. Dinamica dei sistemi di particelle.**

Il problema a due corpi e la massa ridotta. Il moto del centro di massa di un sistema di  $N$  particelle. Il momento angolare di un sistema e la sua variazione nel tempo. Energia cinetica e potenziale. Il moto di un corpo rigido. Momento d'inerzia. Energia rotazionale e traslazione di un corpo rigido. Moto giroscopico. Equilibrio statico di un corpo rigido.

## **8. Proprietà meccaniche dei fluidi.**

Fluidostatica. Teorema di Bernoulli. Regimi di moto dei fluidi. Portanza. Effetti vari. Fluidi ideali e fluidi reali.

### **9. Onde ed oscillazioni.**

Equazione delle onde. Onde sonore. Interferenza. Battimenti.

### **10. Termodinamica.**

Principio zero, equilibrio termico e temperatura. Caratteristiche termometriche, punti fissi e scale di temperatura. Termometri a gas e limite del gas ideale. Equazione di stato del gas ideale. Concetto di calore. Calori specifici. Calori latenti. Conduzione del calore. Equivalente meccanico del calore. Trasformazioni di un sistema termodinamico. Lavoro, calore e energia interna: primo principio della termodinamica. Trasformazioni di un gas ideale: isoterme, isocore e isobare e ciclo di Carnot. Macchine termiche e frigoriferi.

Il secondo principio della termodinamica. Reversibilità e irreversibilità. Teorema di Carnot e temperatura termodinamica assoluta. Disuguaglianza di Clausius. La funzione di stato entropia. Entropia dei sistemi, dell'ambiente, dell'universo e del resto dell'universo. Entropia dei sistemi, dell'ambiente e dell'universo. Entropia di un gas ideale. Equazione di Clapeyron.

### **11. Modelli microscopici per sistemi termodinamici.**

Teoria cinetica del gas ideale. Temperatura e energia cinetica media. Equipartizione dell'energia e calori specifici. Distribuzione di Maxwell delle velocità. Gas reali, equazione di stato di Van der Waals ed espansione del viriale. Microstati e macrostati. Entropia come logaritmo della probabilità termodinamica.

## **B) BIBLIOGRAFIA**

J.M. KNUDSEN-P.G. HJORTH, *Elements of Newtonian Mechanics*, Ed. Springer.

W.E. GETTYS-F.J. KELLER-M.J. SKOVE, *Fisica classica e moderna – Meccanica*, Vol. 1, McGraw-Hill, Milano.

D.U. ROLLER-R. BLUM, *Fisica-Meccanica, Onde, Termodinamica*, Vol. 1, Zanichelli, Bologna.

M. ALONSO-E. FINN, *Fisica*, Volume I, Ed. Masson, Milano.

C. MENCUCCINI-V. SILVESTRINI, *Meccanica e Termodinamica*, Ed. Liguori.

M.W. ZEMANSKI, *Calore e Termodinamica*, Vol.1, Ed. Zanichelli, Bologna.

M.M. ZEMANSKI-M.W. ABBOTT-H.C. VAN NESS, *Fondamenti di termodinamica per ingegneri*, Voll. 1 & 2, Zanichelli, Bologna.

E. FERMI, *Termodinamica*, Ed. Boringhieri.

G. BERNARDINI, *Fisica Generale*, Parte I, Libreria Eredi V. Veschi, Roma.

D. SETTE, *Lezioni di Fisica*, Voll. I e II, Libreria Eredi V. Veschi, Roma.

R.P. FEYNMAN-R.B. LEYGHTON-M. SANDS, *La Fisica di Feynman*, Voll. I1 & I2, Inter European Editions, Amsterdam.

N.B. - Il Prof. Massimo Sancrotti riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

#### **14. Fisica generale II:** Prof. FAUSTO BORGONOVÌ

##### A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

Analisi vettoriale - Gradiente - Operatore  $\nabla$  - Divergenza - Rotore - Teoremi fondamentali del gradiente, della divergenza e del rotore - Distribuzione delta di Dirac - Teoria dei campi vettoriali.

Elettrostatica: I campi elettrostatici, divergenza e rotore dei campi elettrostatici - Potenziale elettrico - Lavoro ed energia in elettrostatica - Conduttori - Cenni alle tecniche di calcolo dei potenziali - Campi elettrostatici nella materia - Polarizzazione - Spostamento elettrico - Dielettrici lineari - Legge di Lorentz - Legge di Biot-Savart - Divergenze e rotore di  $\mathbf{B}$  - Potenziale vettore magnetico - Forza elettromotrice - Legge di Faraday - Equazioni di Maxwell - Formulazione potenziale della Elettrodinamica - Energia e momento in Elettrodinamica - Equazioni delle onde elettromagnetiche - Onde elettromagnetiche in mezzi non conduttori - Onde elettromagnetiche in conduttori - Relatività speciale - Meccanica relativistica - Elettrodinamica relativistica (cenni) -

Introduzione all'Ottica fisica - Interferenza - Diffrazione - Riflessione - Rifrazione - Polarizzazione - Radiazioni elettromagnetiche (cenni).

##### B) *BIBLIOGRAFIA*

D.J. GRIFFITHS, *Introduction to electrodynamics*, Prentice Hall, (U.S.A.).

C. MENCUCCINI, V. SILVESTRINI, *Fisica II (Elettromagnetismo e Ottica)*, Liguori.

##### C) *AVVERTENZE*

N.B. - Il Prof. Fausto Borgonovi riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

#### **15. Fisica superiore (I e II modulo):** Prof. GIANCARLO CAVALLERI

##### A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

Nel *primo modulo* viene trattata la teoria della relatività speciale (RS), non solo alla vecchia maniera di Einstein (1905, denominata "primo livello

di comprensione”) ma anche in quella più recente di Mansouri e Sexl (1977, detta “secondo livello di comprensione”) in cui viene sfatata l’aurea magica e talvolta incomprensibile dovuta al postulato di Einstein (l’invarianza della velocità della luce).

Viene evidenziato che ad ogni tipo di sincronizzazione corrispondono delle trasformazioni, non solo nella relatività einsteiniana ma anche in quella di Galileo. Si possono quindi avere l’invarianza della velocità di sola andata della luce e la *non* conservazione della simultaneità di eventi separati nella relatività galileiana e *non* in RS.

Viene infine dato un cenno al “terzo livello di comprensione” in cui la RS è vista come una conseguenza del moto di spin delle particelle elementari.

Nel *secondo modulo*, dopo un cenno di storia dell’astronomia (risultati ottenuti dagli antichi greci per il sistema solare), vengono definite le coordinate astronomiche per dare la *posizione angolare* della retta di visuale mediante la declinazione e l’ascensione retta. Si illustrano la fascia dei tropici, le calotte polari, solstizi, equinozi, le maree e le eclissi.

Le posizioni angolari, assieme alle misure delle *distanze* (ottenute con la triangolazione, la parallasse e il metodo fotometrico) consentono di tracciare una mappa tridimensionale dei raggruppamenti delle stelle in galassie, di queste ultime in ammassi, e degli addensamenti degli ammassi di galassie sulle pareti e negli interstizi di enormi macrobolle al cui interno vi è un vuoto spintissimo.

Gli spettri atomici (righe spettrali) danno i vari elementi chimici (e le loro percentuali) presenti nelle atmosfere stellari. Il loro spostamento, rispetto alle righe dei corrispondenti gas terrestri, dà le *velocità* radiali che portano a concludere che l’universo è in espansione.

Vengono illustrate le principali teorie cosmologiche dell’epoca moderna, soffermandosi sulla teoria standard del big bang.

Vengono criticate alcune recenti teorie cosmologiche e ne viene proposta una nuova.

Particolare enfasi è dedicata al problema dell’origine dell’universo.

## B) BIBLIOGRAFIA

### I MODULO

G. CAVALLERI-C. BERNASCONI-E. CESARONI-E. TONNI, *Teoria della relatività*, Dispense.

Ulteriori indicazioni bibliografiche verranno date durante il corso.

### II MODULO

La bibliografia verrà fornita durante il corso.

N.B. - Il Prof. Giancarlo Cavalleri riceve gli studenti tutti i giorni dalle ore 11 alle ore 12,30 e dalle ore 15 alle ore 16 nel suo studio.

## **16. Fondamenti dell'informatica II:** Prof. GIOVANNA GAZZANIGA

### A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

#### *I modulo*

Rappresentazione ed analisi di algoritmi.  
Principi di funzionamento di un elaboratore elettronico.  
Sintassi e semantica di un linguaggio di programmazione.  
Codifica dei dati.  
Progetto di programmi con l'utilizzo di un linguaggio di programmazione.  
Metodologie di programmazione. Questioni relative alla correttezza di algoritmi e programmi.  
Elementi di calcolabilità. Autonomi e grammatiche.

#### *II modulo*

Problemi di complessità computazionale.  
Strutture astratte di dati e loro memorizzazione.  
Struttura di un sistema di calcolo. Cenni all'evoluzione delle architetture informatiche e telematiche.  
Il software di sistema. Cenni ai sistemi operativi. Analisi del ciclo di vita di un programma. Funzioni di un compilatore.  
Confronto tra diversi paradigmi di programmazione.  
Cenni alle Basi di Dati.

### B) *BIBLIOGRAFIA*

- C. BATINI-L. CARLUCCI AIELLO-M. LENZERIN-F. MARCHETTI SPACCAMELA-A. MIOLA, *Fondamenti di programmazione dei calcolatori elettronici*, Franco Angeli, Milano 1991.  
BELLINI-GUIDI, *Guida al linguaggio C*, McGraw-Hill 1995.  
G. CIOFFI-V. FALZONE, *Manuale di Informatica (Terza edizione)*, Calderini, Bologna 1993.  
KELLEY-POHL, *C-Didattica e Programmazione*, Addison-Wesley, 1996.  
M. ITALIANI-G. SERAZZI, *Elementi di Informatica*, ETAS Libri, 1993.  
D. MANDRIOLI-C. GHEZZI, *Theoretical foundations of computer science*, John Wiley & Sons, 1987.

### C) AVVERTENZE

Il corso verrà svolto parte in aula, con lezioni teoriche, e parte in Laboratorio di Informatica, con apposite esercitazioni mirate a fornire una conoscenza operativa degli argomenti trattati in classe.

L'esame del I Modulo consta di una prova scritta e di un'eventuale discussione orale. La prova scritta consiste nella redazione di un programma e nella risoluzione di alcuni esercizi su questioni trattate nel corso.

L'esame del II Modulo consiste in una discussione orale nella quale lo studente dovrà dimostrare la conoscenza degli argomenti in programma e la padronanza degli esercizi svolti e proposti nelle esercitazioni

*N.B.* - La Prof.ssa Giovanna Gazzaniga riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

## 17. Fondamenti della matematica (un modulo): Prof. ANTONINO VENTURA

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

1. *La filosofia della matematica nel pensiero antico e medievale*
  - a) La dottrina pitagorica e il matematicismo
  - b) La conoscenza matematica in Platone e Aristotele
  - c) L'organizzazione deduttiva del sapere matematico nel sistema di Euclide
  - d) L'oggetto e il metodo della matematica secondo Tommaso d'Aquino
2. *La filosofia della matematica nel pensiero moderno*
  - a) I fondamenti della deduzione in Galileo
  - b) Il razionalismo matematico di Cartesio
  - c) La conoscenza matematica in Kant e le forme *a priori* come fondamento della possibilità della matematica
3. *La crisi dell'evidenza matematica e le geometrie non euclidee*
4. *Il problema dei fondamenti della matematica nel pensiero contemporaneo*
  - a) Il superamento delle concezioni di Cartesio e di Kant e del dogmatismo positivista
  - b) Il metodo assiomatico
  - c) La "crisi dei fondamenti" e il problema della non contraddittorietà delle teorie matematiche
  - d) Costruttivismo, intuizionismo, platonismo. La posizione predicativistica e il concettualismo

e) Il “programma hilbertiano”

5. *I teoremi di incompletezza e il superamento di una concezione puramente formalistica della matematica*

- a) Il sistema PRA
- b) Rappresentazione in PRA della sintassi di una teoria formale e condizioni di derivabilità
- c) I teoremi di Gödel
- d) Conseguenze dei teoremi di Gödel

6. *Linee essenziali e orientamenti delle ricerche sui fondamenti della matematica nel periodo successivo alla formulazione dei teoremi di Gödel*

#### B) BIBLIOGRAFIA

M. BORGA, D. PALLADINO, *Oltre il mito della crisi. Fondamenti e filosofia della matematica nel XX secolo*, La Scuola, Brescia 1997.

E. AGAZZI, D. PALLADINO, *Le geometrie non euclidee e i fondamenti della geometria dal punto di vista elementare*, La Scuola, Brescia 1998.

S. GALVAN, *Introduzione ai Teoremi di Incompletezza*, F. Angeli, Milano 1992.

Ulteriori indicazioni bibliografiche saranno comunicate durante il corso.

#### C) AVVERTENZE

*N.B.* - Il Prof. Antonino Ventura riceve gli studenti il giovedì dalle ore 15.00 alle ore 16.00 nel suo studio.

**18. Geometria I:** Prof. ELENA ZILIOLI

#### A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

Algebra lineare: spazi vettoriali su un campo, basi, dimensioni, formula di Grassmann. Omomorfismi fra spazi vettoriali, forme lineari, spazio vettoriale duale. Matrici e determinanti, teorema di Laplace e di Binet, invertibilità di matrici e loro rango. Sistemi lineari, teorema di Cramer e di Rouché-Capelli. Sistemi lineari omogenei. Diagonalizzazione di un endomorfismo: autovalori e autovettori, diagonalizzazione di una matrice quadrata. Forme bilineari e quadratiche, prodotti scalari, spazi vettoriali euclidei. Prodotti hermitiani e spazi unitari: riduzione a forma canonica di una forma quadratica reale.

Spazi affini: Definizione, traslazioni, sottospazi, parallelismo, affinità. Coordinatizzazione di uno spazio affine. Geometria analitica degli spazi affini.

Spazi euclidei: Distanza fra due punti, ortogonalità fra rette, fra piani, fra retta e piano, circonferenze e sfere. Luoghi geometrici fondamentali. Isometrie.

Spazi proiettivi: Definizione, sottospazi proiettivi, coordinate omogenee, rappresentazioni in coordinate omogenee dei sottospazi proiettivi. Cambiamenti di coordinate omogenee e proiettività. Complessificazione.

Curve algebriche reali piane: Ordine, punti semplici e singolari. Coniche, classificazione proiettiva, fasci di coniche, polarità, classificazione affine delle coniche, equazioni canoniche affini, classificazione metrica: assi, fuochi, proprietà focali, equazioni canoniche metriche.

#### B) *BIBLIOGRAFIA*

E. SERNESI, *Geometria I*, Bollati Boringhieri, Torino 1989.

M. STOKA, *Corso di geometria*, Cedam, Padova 1987.

R. MORESCO, *Esercizi di algebra e di geometria*, (V ed.), Ed. Libreria Progetto Padova 1996.

V. PIPTONE-M. STOKA, *Esercizi e problemi di geometria*, vol. I, Cedam, Padova.

*N.B.* - La Prof.ssa Elena Zilioli riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

**19. Geometria II:** Prof. SILVIA PIANTA

## A) PROGRAMMA DEL CORSO

### 1. Spazi proiettivi su campi

Proprietà del reticolo dei sottospazi, riferimenti proiettivi, coordinate proiettive omogenee e cambiamenti di riferimento; equazioni dei sottospazi; spazi proiettivi e spazi affini. Spazio proiettivo duale, proposizioni grafiche, principio di dualità, teorema di Desargues. Collineazioni di uno spazio proiettivo: omologie, proiettività e loro rappresentazione analitica, teoremi fondamentali, birapporto. Correlazioni, correlazioni proiettive, polarità. Superfici algebriche reali dello spazio proiettivo complesso: ordine, punti semplici e singolari, superfici rigate e di rotazione. Quadriche: classificazione affine, sezioni piane, equazioni canoniche affini. Proprietà metriche.

### 2. Elementi di topologia generale

Dagli spazi metrici agli spazi topologici: definizione di spazio topologico ed esempi; basi di una topologia. Applicazioni continue e omeomorfismi tra spazi topologici. Sottospazi di uno spazio topologico, prodotto di spazi topologici, spazi quozienti. Assiomi di separazione. Connessione e compattezza. Varietà topologiche.

### 3. Elementi di geometria differenziale

Varietà differenziabili, spazi tangenti, differenziali, orientabilità; immersioni e sottovarietà, sommersioni; campi vettoriali. Curve differenziali e formule di Frenet; curve regolari di  $\mathbb{R}^2$  e di  $\mathbb{R}^3$ ; curvatura e torsione. Superfici di  $\mathbb{R}^3$ , prima, e seconda forma fondamentale.

## B) BIBLIOGRAFIA

- G. CASTELNUOVO, *Lezioni di geometria analitica*, Dante Alighieri, Milano 1969.  
V. CHECCUCCI, A. TOGNOLI, E. VESENTINI, *Lezioni di topologia generale*, Feltrinelli, Milano 1972.  
E. SERNESI, *Geometria 1*, Boringhieri, Torino 1989.  
E. SERNESI, *Geometria 2*, Boringhieri, Torino 1994.  
M.P. DO CARMO, *Differential Geometry of curves and surfaces*, Prentice Hall, New Jersey 1976.

*N.B.* - La Prof.ssa Silvia Pianta riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

**20. Geometria superiore (I modulo): Prof. BRUNO BIGOLIN**

A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

Alcuni punti di geometria analitica: Teorema di preparazione di Weierstrass; Anelli locali; Germi di funzioni olomorfe; Funzioni meromorfe; Tori complessi e Serie theta.

B) *BIBLIOGRAFIA*

Appunti dalle lezioni.

*N.B.* - Il Prof. Bruno Bigolin riceve gli studenti il pomeriggio dei giorni di lezione nel suo studio.

**21. Geometria superiore (II modulo): Prof. SILVIA PIANTA**

A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

- Le nozioni classiche di piano euclideo, iperbolico ed ellittico reali come piani metrici, con cenni alle rispettive introduzioni assiomatiche e ai vari modelli.  
I relativi gruppi di isometrie con particolare riguardo ai generatori involutori (riflessioni di punto e di retta).
- Geometrie di riflessione, K-loop e spazi cinematici. Piani proiettivi metrici.
- Superficie euclidee e iperboliche: il teorema di Killing-Hopf per superficie complete e connesse.

B) *BIBLIOGRAFIA*

J. SILLWELL, *Geometry of surfaces*, Springer Verlag (Universitext), New York 1992.  
H.S.M. COXETER, *Non-euclidean geometry*, Toronto 1965.

*N.B.* - La Prof.ssa Silvia Pianta riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

**22. Intelligenza artificiale (I e II modulo): Prof. GERMANO RESCONI**

A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

Primi concetti di intelligenza artificiale. La macchina di Turing. Definizione di computazione. Sistemi elementari Logici al livello secondo. Valore semantico e sintattico nella computazione. Diversi livelli di intelligenza al di là della computazione. Esempi di livelli di intelligenza. I sistemi dinamici come sistemi intelligenti. Omomorfismi fra sistemi. La Teoria dei sistemi come approccio all'intelligenza. Analisi dei concetti. La

Teoria Logica dei Sistemi. Feed-back. Reti neurali. Concetto di spazio percettivo e campo valutativo. Reti neurali di Hopfield e energia computazionale. Logica sfumata. Insiemi sfumati. Operazioni sugli insiemi sfumati. Teoria dell'evidenza. Introduzione al linguaggio per oggetti. Teoria degli Agenti intelligenti.

B) *BIBLIOGRAFIA*

ELIANOPESSA, *Intelligenza Artificiale*, Bollati Boringhieri 1992.

ELIANOPESSA, *Reti neurali e processi cognitivi*, Di Renzo Editore, Roma 1993.

T.JACKSON, *Neural Computing an introduction*, Adam Hilger 1990.

A.WAYNE WYMORE, *Model-Based System Engineering*, CRC Press 1993.

GEORGE J.KLIR AND BO YUAN, *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic-Theory and Applications*, Prentice Hall PTR Upper Saddle River, New Jersey 07458 1995.

*N.B.* - Il Prof. Germano Resconi riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

**23. Istituzioni di algebra superiore (I e II modulo):** Prof. MARIA CLARA TAMBURINI

#### A) PROGRAMMA DEL CORSO

##### I modulo: *Elementi di teoria di Galois*

1. Gruppi di permutazioni. Orbite, transitività. Strutture dei gruppi simmetrici  $\Sigma_3$  e  $\Sigma_4$ . Semplicità dei gruppi alterni di grado  $> 4$ . Gruppi risolubili. Teorema di Jordan-Holder.
2. Campi. Anelli di polinomi a coefficienti in un campo. Radici.
3. Campi di spezzamento e chiusure algebriche. Il teorema fondamentale dell'algebra.
4. Estensioni normali e separabili, Gruppo di Galois di una estensione. Il teorema fondamentale della teoria di Galois.
5. Teorema dell'elemento primitivo. Campi finiti. Polinomi ciclotomici.
6. Criteri per la risolubilità per radicali di una equazione algebrica.

##### II modulo: *Elementi di algebra omologica e commutativa*

1. Categorie. Funtori. Trasformazioni naturali. Esattezza. Prodotti e somme.
2. Le categorie  ${}_R\text{Mod}$  e  $\text{Mod}_R$  dei moduli su un anello. Sequenze esatte. Proprietà di esattezza dei funtori Hom. Moduli proiettivi. Prodotto tensoriale di moduli e di omomorfismi. Proprietà di esattezza dei funtori  $M \otimes_R -$  e  $- \otimes_R N$ .
3. Anelli commutativi. Ideali primi e massimali. Lo spettro primo di un anello. Il nilradicale e il radicale di Jacobson. Lemma di Nakayama per i moduli finitamente generati.
4. Procedimento di localizzazione. Anelli locali.
5. Moduli Noetheriani e Artiniani. Serie di composizione. Teorema di Jordan-Holder per i moduli. Teorema della base di Hilbert.
6. Varietà algebriche affini. Teorema degli zeri di Hilbert.

#### B) BIBLIOGRAFIA

Dispense del docente.

I. KAPLANSKY, *Fields and Rings*, University of Chicago Press 1969.

C. PROCESI, *Elementi di Teoria di Galois*, Decibel Editrice 1982.

P.J. HILTON AND U. STAMBAUGH, *A Course in Homological Algebra*, Springer 1963.

N. JACOBSON, *Basic Algebra I e II*, Freeman & Company 1989.

#### C) AVVERTENZE

Il corso sarà integrato da un ciclo di seminari sulle algebre di Lie, il cui contenuto non farà parte del programma d'esame.

N.B. - La Prof.ssa Maria Clara Tamburini riceve gli studenti il lunedì dalle ore 14.30 alle ore 16.30 nel suo studio.

## **24. Istituzioni di analisi superiore (I modulo): Prof. MARCO DEGIOVANNI**

### A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

Spazi  $L^p$ . Completezza. Regolarizzazione per convoluzione e densità delle funzioni regolari. Funzioni continue e periodiche. Densità dei polinomi trigonometrici. Esempi di spazi funzionali separabili.

Spazi di Banach. Duale topologico. Forma analitica e forme geometriche del teorema di Hahn-Banach. Il teorema di Banach-Steinhaus. I teoremi dell'applicazione aperta e del grafico chiuso.

Spazi di Hilbert. Proiezione su un convesso chiuso. Caratterizzazione del duale. Il teorema di Lax-Milgram. Sistemi ortonormali completi. Il caso di  $L^2(\Omega, \pi, \mu)$ .

Operatori limitati in uno spazio di Hilbert. Operatori compatti. La teoria di Riesz-Fredholm. Proprietà spettrali. Decomposizione spettrale per operatori compatti e normali.

Operatori illimitati in uno spazio di Hilbert. Proprietà spettrali. Decomposizione spettrale per operatori normali con risolvente compatto.

### B) *BIBLIOGRAFIA*

M.C. ABBATI & R. CIRELLI, *Metodi matematici per la fisica: operatori lineari negli spazi di Hilbert*, Città Studi Edizioni, Milano 1997.

H. BREZIS, *Analisi funzionale – Teoria e applicazioni*, Liguori, Napoli 1986.

M. REED & B. SIMON, *Methods of modern mathematical physics. I. Functional analysis*, Academic Press, New York-London 1980.

W. RUDIN, *Analisi reale e complessa*, Boringhieri, Torino 1974.

Verranno inoltre distribuite delle dispense sui vari argomenti del corso.

N.B. - Il Prof. Marco Degiovanni riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

## **25. Istituzioni di analisi superiore (II modulo): Prof. MAURIZIO PAOLINI**

A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

Spazi di Sobolev. Approssimazione con funzioni regolari. Regole di calcolo. Il teorema di Sobolev. Il teorema di Rellich.

Equazioni ellittiche del secondo ordine in forma di divergenza. Formulazione debole ed alternativa di Fredholm. Teoremi di regolarità.

Il primo modulo di Istituzioni di analisi superiore è propedeutico al secondo.

B) *BIBLIOGRAFIA*

H. BREZIS, *Analisi funzionale - Teoria e applicazioni*, Liguori, Napoli 1986.

D. GILBARG, N. S. TRUDINGER, *Elliptic partial differential equations of second order*, Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften, 224, Springer-Verlag, Berlin-New York 1977.

Verranno inoltre distribuite delle dispense sui vari argomenti del corso.

*N.B.* - Il Prof. Maurizio Paolini riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

**26. Istituzioni di fisica matematica (I modulo): Prof. CLAUDIO GIORGI**

A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

Il corso si propone di fornire conoscenze generali sulla termomeccanica dei continui con applicazione ai materiali classici. Gli argomenti affrontati saranno i seguenti:

*Richiami ed elementi di algebra ed analisi vettoriale.*

*Meccanica dei mezzi continui ed equazioni di bilancio:*

Cinematica della deformazione, equazioni di bilancio (formulazione globale e locale, lagrangiana e euleriana), equazione di continuità, teorema di Cauchy sugli sforzi interni, teorema della quantità di moto, del momento della quantità di moto e dell'energia cinetica, condizioni iniziali ed al contorno.

*Principi della termodinamica ed equazioni costitutive:*

Bilancio dell'energia, primo e secondo principio della termodinamica, diseuguaglianza di Clausius-Duhem, equazioni costitutive per materiali semplici e principi costitutivi (determinismo, azione locale indifferenza materiale, ecc.), gruppo di simmetria materiale.

*Materiali classici:*

- *Fluidi semplici*: fluidi perfetti (barotropici e incompressibili), fluidi newtoniani e stokesiani (fluidi di Bingham), onde acustiche di piccola ampiezza;
  - *Solidi termoelastici*: teoria dell'elasticità lineare, onde elastiche di piccola ampiezza;
  - *Solidi viscoelastici*: Viscoelasticità lineare;
  - *Conduttori rigidi*: leggi di Fourier e di Cattaneo-Maxwell per il flusso di calore.
- Esempi ed esercizi sui materiali classici (fluidi e solidi elastici).*

#### B) BIBLIOGRAFIA

- C. BANFI, *Introduzione alla Meccanica dei Continui*, Cedam, Padova 1990.  
 M. CIARLETTA, S. IESAN, *Elementi di meccanica dei continui con applicazioni*, Pitagora, Bologna 1997.  
 M. FABRIZIO, *La meccanica razionale e i suoi metodi matematici*, CAP. 6, (IIED.), Zanichelli, Bologna 1994
- Sulla viscoelasticità e sui conduttori di calore verranno forniti appunti.

#### C) AVVERTENZE

Il corso ha la durata di un semestre e prevede sia lezioni teoriche, sia esercitazioni. Inoltre, NON è propedeutico al secondo modulo di "Istituzioni di Fisica Matematica".

*N.B.* - Il Prof. Claudio Giorgi riceve gli studenti dopo la lezione di venerdì nel suo studio.

### **27. Istituzioni di fisica matematica (II modulo): Prof. CARLO BANFI**

#### A) PROGRAMMA DEL CORSO

1. *Prerequisiti di Analisi matematica*. Convoluzione; trasformata di Fourier; elementi di teoria delle distribuzioni.
2. *Generalità sulle equazioni della Fisica matematica*. Classificazione; varietà caratteristiche; problemi ben posti; teorema di Cauchy-Kowalewskij; formula di Green.
3. *Equazioni del primo ordine*. Equazioni quasi lineari; equazioni ai differenziali totali; equazioni non lineari.
4. *Operatore di Laplace*. Soluzioni fondamentali; formula dei potenziali; teorema del valor medio; principio del massimo; Problemi di Dirichlet e di Neumann, funzione di Green; formula di Poisson; soluzioni con metodi funzionali; problema agli autovalori; sviluppo in serie di autofunzioni.

5. *Operatore del calore*. Soluzioni fondamentali; problema ai valori iniziali; potenziali per l'equazione del calore; problema misto; principio del massimo; teoremi di unicità e di stabilità.
6. *Operatore delle onde*. Soluzioni fondamentali; problema di Cauchy; formula dei potenziali ritardati; problema misto; teoremi di unicità e stabilità.

#### B) BIBLIOGRAFIA

G. FOLLAND, *Introduction to partial differential equations*, Princeton University Press 1976.  
V.S. VLADIMIROV, *Equations of Mathematical Physics*, M. Dekker 1971.  
W.A. STRAUSS, *Partial differential equations*, J. Wiley 1992.

*N.B.* - Il Prof. Carlo Banfi riceve gli studenti il martedì e il venerdì dalle ore 13 alle ore 13,30 nel suo studio.

#### **28. Istituzioni di fisica nucleare e subnucleare** : Prof. GIUSEPPE NARDELLI

##### A) PROGRAMMA DEL CORSO

##### *Prima Parte*: Preliminari

1. Unità di misura, interazioni fondamentali, carrellata sulle famiglie di particelle elementari e loro principali proprietà.
2. Schema di un esperimento di Fisica Nucleare / Particelle Elementari:
  - a) Sorgenti di particelle
  - b) Acceleratori di particelle
  - c) Campi elettromagnetici esterni
  - d) Bersagli
  - e) Rivelatori

##### *Seconda Parte*: Fisica Nucleare

3. Struttura dei Nuclei (proprietà, energia di legame, forze nucleari, modello a shell).
4. Processi Nucleari (decadimenti alfa, beta e gamma, reazioni nucleari, fissione, fusione).

*Terza Parte: Fisica Subnucleare*

5. Rudimenti della Teoria dei Campi: Passaggio della Meccanica Quantistica alla teoria dei campi, operatori P, C, T, simmetrie e leggi di conservazione, campi bosonici, fermionici e vettoriali.
6. Metodi perturbativi: Matrice di Scattering, ampiezza di scattering e sezioni d'urto.
7. Simmetrie: esatte e approssimate, discrete (C, P, T, G-parità), continue (SU(2) e isospin, SU(3) di sapore e modello a quark), cenni al problema del confinamento.
8. Interazioni forti: simmetria locale SU(3) di colore e gluoni, cenni alla QCD perturbativa e applicazioni fenomenologiche.
9. Interazioni elettrodeboli: simmetria SU(2) x U(1) e modello standard, rottura spontanea di simmetria, bosoni intermedi e campo di Higgs. Applicazioni fenomenologiche del modello standard.

B) *BIBLIOGRAFIA*

T.D. LEE, *Particle Physics and Introduction to Field Theory*, Harwood Academic Pub.  
T.P. CHENG and L.F. LI, *Gauge Theory of Elementary Particle Physics*, Oxford University Press.  
F. HALZEN and A.D. MARTIN, *Quarks and Leptons*, John Wiley and Sons.

Di volta in volta, verranno consigliati altri testi e/o dispense.

*N.B.* - Il Prof. Giuseppe Nardelli riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

**29. Istituzioni di fisica teorica:** Prof. FRANCO DALFOVO

A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

1. Richiami di meccanica analitica ed elementi di meccanica statistica. Equazioni di Lagrange e di Hamilton. Spazio delle fasi. Parentesi di Poisson. Costanti del moto. Trasformazioni canoniche. Principio variazionale di Hamilton. Insieme rappresentativo di un sistema macroscopico. Equazione di continuità ed equazione di Liouville. Il problema ergodico e l'equilibrio. Insieme canonico, microcanonico, grandcanonico. Teorema di equipartizione.

2. Il passaggio dalla fisica classica alla fisica dei quanti. Spettro di corpo nero e ipotesi di Planck. Calore specifico dei gas e dei solidi. Effetto fotoelettrico. Formula di Balmer e modelli atomici.

Il modello di Bohr e le regole di quantizzazione di Sommerfeld.

3. La teoria dei quanti e la meccanica ondulatoria.

Ipotesi di De Broglie sul carattere corpuscolare della materia. Equazione di Schroedinger. Funzione d'onda e sua interpretazione statistica. Dualismo onda-particella e principio di indeterminazione di Heisenberg. Alcuni aspetti formali dell'equazione di Schroedinger. Operatore Hamiltoniano, autovettori e autovalori. Soluzione generale per potenziali indipendenti dal tempo. L'operatore di evoluzione temporale.

4. Alcune applicazioni dell'equazione di Schroedinger.

Problemi in una dimensione. Particella libera. Buche di potenziale. Barriere ed effetto tunnel. Oscillatore armonico. Problemi in tre dimensioni. Particella libera in coordinate sferiche. Potenziali centrali e momento angolare orbitale. L'atomo di idrogeno.

5. I fondamenti fisici e gli elementi formali della meccanica quantistica.

I principi generali della teoria. Osservabili e operatori. Stati e rappresentazioni. Regole di commutazione e principio di indeterminazione. Insiemi di osservabili compatibili e informazione massima sullo stato di un sistema. Grandezze aventi analogo classico. Posizione e momento. Notazione di Dirac. Rappresentazioni di Schroedinger e di Heisenberg. La meccanica matriciale. Teorema di Ehrenfest. Costanti del moto, simmetrie e invarianze. Matrice densita'. Stati coerenti.

6. Momento angolare e spin.

Le regole di commutazione del momento angolare. Momento angolare orbitale e spin. L'esperimento di Stern-Gerlach. Le matrici di Pauli. Sistemi a due livelli. Equazione di Schroedinger per una particella con spin. Composizione di momenti angolari e applicazioni. Principio di esclusione di Pauli e sistema periodico degli elementi.

7. Sistemi di particelle identiche.

Simmetria e antisimmetria delle funzioni d'onda. Leggi di distribuzione di Boltzmann, Fermi-Dirac e Bose-Einstein. Gas quantistici. Il formalismo della seconda quantizzazione.

#### 8. Metodi approssimati

Teoria delle perturbazioni indipendenti dal tempo e sue applicazioni. Lo spettro continuo e l'approssimazione di Born. Perturbazioni dipendenti dal tempo. Metodi variazionali. Cenni di teoria semiclassica.

9. Il campo elettromagnetico in meccanica quantistica. Equazione di Schroedinger per una particella carica in campo elettromagnetico. Fotoni. Coefficienti di assorbimento, di emissione indotta e di emissione spontanea. Regole di selezione per un atomo ad un elettrone.

#### 10. Urti.

Diffusione da potenziale centrale. Sezione d'urto e sfasamenti. Calcolo degli sfasamenti ed applicazioni.

11. Integrali di cammino di Feynman. Propagatori e integrali di cammino. Equivalenza tra la formulazione di Feynman e la meccanica ondulatoria di Schroedinger.

#### B) BIBLIOGRAFIA

Testi consigliati:

S. GASIOROWICZ, *Quantum Physics*.

A. MESSIAH, *Quantum Mechanics*.

L. LANDAU-L. LIFSHITZ, *Meccanica Quantistica*.

P. CALDIROLA-R. CIRELLI-G.M. PROSPERI, *Introduzione alla fisica teorica*.

*N.B.* - Il Prof. Franco Dalfovo riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

**30. Istituzioni di geometria superiore (I e II modulo): Prof. BRUNO BIGOLIN**

#### A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

Funzioni analitiche di una e più variabili complesse e precisamente: funzioni olomorfe; integrale di Cauchy e principio del prolungamento analitico; teorema di Hartogs; lo spazio  $H(W)$  come algebra di Fréchet; teoria della convessità olomorfa e poliedri analitici; teorema di E.E. Levi; singolarità e residui; teorema della rappresentazione conforme.

#### B) *BIBLIOGRAFIA*

Verrà indicata all'albo durante l'anno accademico.

*N.B.* - Il Prof. Bruno Bigolin riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

### **31. Lingua inglese:** Dott. ELENA UNGARI

#### A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

Il corso di Inglese intende offrire una competenza di base tale da permettere l'analisi dei sistemi della lingua comune come della microlingua scientifica.

Il programma pertanto si prefigge due obiettivi prioritari:

1. Proporre una revisione ed approfondimento delle costruzioni grammaticali, sintattiche e lessicali della Lingua Inglese.
2. Avvicinare gli studenti alla microlingua scientifica, con particolare riferimento a quella della Matematica e della Fisica.

Agli studenti è richiesta quindi una competenza di base nelle quattro abilità linguistiche: leggere ed ascoltare; parlare e scrivere sia nel linguaggio comune, sia in quello scientifico.

L'esame si compone di due parti:

1. Un test scritto con esercizi di comprensione di un testo a carattere matematico.
2. Una prova orale, suddivisa a sua volta in una conversazione in Lingua Inglese su argomenti della quotidianità ed in una conversazione in Lingua Inglese su brani a contenuto scientifico.

Ulteriori precisazioni relative al programma ed indicazioni bibliografiche saranno rese note nel corso dell'anno accademico.

*N.B.* - La Dott.ssa Elena Ungari riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

### **32. Matematica finanziaria (I e II modulo):** Prof. FRANCESCO MARIA PARIS

A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

*I modulo.*

- 1) Leggi finanziarie di capitalizzazione e attualizzazione.
- 2) Rendite e costituzione di un capitale.
- 3) Ammortamento e valutazione di prestiti indivisi.
- 4) Criteri di scelta fra investimenti.

*II modulo.*

- 1) Valutazione di prestiti divisi e indicatori di rischio.
- 2) Scelte degli investitori in condizioni di incertezza.
- 3) Valutazione dei contratti derivati.

B) *BIBLIOGRAFIA*

F. MARELLI-M. D'AMICO, *Appunti di matematica finanziaria*, voll. 1 e 2, Vannini, Brescia 1995.  
F.M. PARIS-M. ZUANON, *Elementi di finanza matematica*, C.E.D.A.M., Padova 1999.

*N.B.* - Il Prof. Francesco Maria Paris riceve gli studenti il giovedì dalle ore 16 alle ore 17 nel suo studio.

**33. Matematiche complementari (I e II modulo): Prof. MARIO MARCHI**

A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

*I modulo.*

Elementi di geometria euclidea. Il sistema di assiomi di Euclide: il problema del postulato delle parallele. Il sistema di assiomi di Hilbert: le relazioni fondamentali di incidenza, ordinamento e congruenza. La nozione di piano affine: il problema della coordinatizzazione. Dilatazione e traslazioni. La nozione di piano assoluto: i movimenti rigidi; la nozione di perpendicolarità. Il piano euclideo: il teorema di Pitagora.

*II modulo.*

Elementi di geometria non-euclidea. La configurazione di Saccheri in geometria assoluta. Il parallelismo iperbolico e le sue proprietà. Immersione del piano iperbolico nel piano proiettivo. Modelli di geometrie non-euclidee iperboliche. Cenni alla geometria non-euclidea ellittica.

Esercitazioni

La teoria della grandezza. Numeri naturali, razionali, reali. I problemi classici della geometria elementare. Cenni alla geometria dello spazio: i poliedri.

#### B) BIBLIOGRAFIA

EUCLIDE, *Gli elementi*, (a cura di A. Frajese e L. Maccioni), Utet, Torino 1970.

D. HILBERT, *Fondamenti della geometria*, Feltrinelli, Milano 1970.

R. TAUDEA, *La rivoluzione euclidea*, Bollati Boringhieri, Torino 1991.

H. KARZEL-K. SÖRENSEN-D. WINDELBERG, *Einführung in die Geometrie*, Vendenhoeck & Ruprecht, Göttingen 1973.

#### C) AVVERTENZE

Il primo modulo è propedeutico al secondo.

N.B. - Il Prof. Mario Marchi riceve gli studenti nel suo studio su appuntamento.

### 34. Meccanica razionale: Prof. CARLO BANFI

#### A) PROGRAMMA DEL CORSO

##### 0. Argomenti propedeutici.

*Elementi di algebra lineare.* Spazi vettoriali: matrici, trasformazioni lineari, rotazioni; angoli di Eulero; autovettori e autovalori di matrici; spazi affini; prodotto vettoriale.

*Elementi di geometria differenziale.* Curve regolari; superfici regolari; elementi sulle varietà differenziabili.

##### 1. Cinematica.

*Cinematica del punto.* Moto di un punto; traiettoria; legge oraria; velocità; accelerazione; moto in coordinate polari; formula di Binet; velocità in coordinate cilindriche e sferiche.

*Cinematica del corpo rigido.* Moto del corpo rigido; stato cinetico; teorema di Mozzi.

*Moto relativo.* Impostazione; relazione tra le velocità; relazione tra le accelerazioni.

*Moti rigidi particolari.* Moto rigido piano; base a ruota; moto rigido con un punto fisso.

2. *Dinamica.*

*Punto materiale.* Concetti e principi fondamentali; analisi delle forze; equazioni differenziali del moto; punto vincolato; problema statico; momento, potenziale, lavoro; principio delle potenze virtuali; metodo dei moltiplicatori di Lagrange; grandezze cinetiche per il punto materiale; punto soggetto a forze elastiche e di resistenza del mezzo; dinamica del punto vincolato, principio di D'Alembert; integrali primi del moto; teorema dell'energia cinetica; problema di Weierstrass; pendolo semplice; pendolo sferico; dinamica relativa; problema dei due corpi.

*Corpo rigido.* Sistemi finiti di punti; equazioni cardinali della statica; corpi rigidi; applicazione del principio delle potenze virtuali ai corpi rigidi; statica dei corpi rigidi; sistemi di forze equivalenti; centro di un sistema di forze parallele; baricentro e sue proprietà; casi particolari di corpi rigidi vincolati; grandezze cinetiche per il corpo rigido; momento della quantità di moto di un corpo in generale; energia cinetica di un corpo rigido; equazioni cardinali della dinamica; integrali primi, teoremi di conservazione; moto di un corpo rigido con asse fisso; moto di un corpo rigido con punto fisso.

3. *Elementi di Meccanica analitica.*

*Sistemi meccanici.* Nozione di vincolo; esempi di sistemi vincolati; sistemi olonomi; varietà delle configurazioni.

*Movimento, grandezze cinetiche.* Movimento di un sistema olonomo; stato cinetico; energia cinetica.

*Meccanica lagrangiana.* Potenza, lavoro, potenziale; il problema statico; il principio della minima azione; il sistema lagrangiano; moti per inerzia; generalizzazioni; integrali primi,

*Sistemi dinamici.* Sistemi dinamici sulle varietà; sistemi di equazioni differenziali; stabilità dei punti critici; metodi di Liapunov; stabilità in meccanica; piccole oscillazioni,

*Meccanica hamiltoniana.* Varietà degli stati; il sistema hamiltoniano; la forma esterna bilineare fondamentale; integrali invarianti; trasformazioni canoniche; parentesi di Poisson; metodi di Hamilton-Jacobi; integrali primi.

B) *BIBLIOGRAFIA*

Sulle parti 0, 1, 2 sono disponibili dispense.

Per la parte 3:

C. BANFI, *Lezioni di Meccanica analitica*, I.S.U. 1997.

### C) AVVERTENZE

L'esame è costituito da una prova scritta e da una prova orale. Sono previste anche prove intermedie facoltative.

Prima prova su "Argomenti propedeutici", "Cinematica" e "Dinamica del punto";

Seconda prova su "Dinamica del corpo rigido" e "Dinamica dei sistemi".

Ogni prova consisterà in due parti:

- a) risposte a domande sulla teoria;
- b) esercizio.

Alla fine verranno date due valutazioni riassuntive su teoria e su esercizi. Gli studenti che avranno avuto una valutazione sufficiente negli esercizi saranno esentati dalla prova d'esame scritta. Gli studenti che avranno avuto una valutazione sufficiente sulla teoria dovranno rispondere nella prova d'esame orale solo su gli "Elementi di Meccanica analitica".

*N.B.* - Il Prof. Carlo Banfi riceve gli studenti il martedì e il venerdì dalle ore 10,30 alle ore 11 nel suo studio.

### 35. Metodi di approssimazione (un modulo): Prof. MAURIZIO PAOLINI

#### A) PROGRAMMA DEL CORSO

Soluzione di sistemi lineari di grandi dimensioni: approfondimento metodi diretti e metodi iterativi, metodo del gradiente coniugato, preconditionamento, metodi multigrid.

Problemi ai limiti in una dimensione: shooting, differenze finite, elementi finiti.

Problemi ai limiti in più dimensioni: metodo di Galerkin ed elementi finiti, errore di interpolazione, stime di errore nella norma dell'energia.

Equazioni ellittiche (equazione di Poisson): stima di errore in  $L_2$ .

Equazioni paraboliche (equazione del calore): cenni.

Equazioni iperboliche (equazione delle onde): cenni.

Problemi computazionali: generazione della griglia, assemblaggio delle matrici, ecc.

Metodi adattivi per le equazioni alle derivate parziali.

#### B) BIBLIOGRAFIA

V. COMINCIOLI, *Analisi numerica, Metodi modelli Applicazioni*, McGraw-Hill, Milano 1990.

A. QUARTERONI, A. VALLI, *Numerical approximation of partial differential equations*, Springer 1994.

C. JOHNSON, *Numerical solution of partial differential equations by the finite element method*, Cambridge University Press, Cambridge 1990.

*N.B.* - Il Prof. Maurizio Paolini riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

**36. Metodi e modelli per l'organizzazione e la gestione** : Prof. LORENZO SCHIAVINA

A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

- Introduzione ai metodi della Ricerca Operativa.
- Il ciclo di sviluppo dei modelli e la loro evoluzione moderna.
- Teoria e applicazione dei fuzzy sets e implementazione mediante sistemi esperti.
- I modelli matematici classici.
  - La programmazione lineare.
  - Le scorte.
  - Le code.
  - I modelli reticolari.
  - I modelli stocastici.

B) *BIBLIOGRAFIA*

HILLIER-LIEBERMAN, *Introduzione alla R.O.*, F. Angeli.  
GOLDBERG-RUBIN, *Succeeding with objects*, Addison-Wesley.  
GAMMAEALTRI, *Design Patterns*, Addison-Wesley.  
FOWLER-SCOTT, *UML disilled*, Addison-Wesley.

*N.B.* - Il Prof. Lorenzo Schiavina riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

**37. Metodi matematici della fisica (II modulo)**: Prof. MARCO DEGIOVANNI

A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

Misure a valori proiezione. Decomposizione spettrale per operatori limitati e normali. Decomposizione spettrale per operatori illimitati e normali.

Funzioni olomorfe di una variabile complessa. Il teorema di Cauchy. Indice di una curva. La formula integrale di Cauchy. Funzioni analitiche, Il teorema di Morera. Il teorema di Liouville. Proprietà della media e principio del massimo modulo. Il teorema dell'applicazione aperta. Sviluppo di Laurent. Studio delle singolarità isolate. Il teorema dei residui.

Lo spazio di Schwartz  $S$  delle funzioni a decrescenza rapida. Lo spazio

$S'$  delle distribuzioni temperate. La trasformata di Fourier su  $S$  e su  $S'$ . Teoria  $L^2$  della trasformata di Fourier.

Applicazioni ad equazioni differenziali lineari alle derivate parziali con coefficienti costanti.

*Il primo modulo di Istituzioni di analisi superiore è propedeutico al secondo modulo di Metodi matematici della fisica.*

#### B) BIBLIOGRAFIA

M.C. ABBATI & R. CIRELLI, *Metodi matematici per la fisica: operatori lineari negli spazi di Hilbert*, Città Studi Edizioni, Milano 1997.

S. LANG, *Complex analysis. Graduate Texts in Mathematics*, 103, Springer-Verlag, New York 1999.

M. REED & B. SIMON, *Methods of modern mathematical physics. I. Functional analysis*, Academic Press, New York-London 1980.

M. REED & B. SIMON, *Methods of modern mathematical physics. II. Fourier analysis, self-adjointness*, Academic Press, New York-London 1975.

W. RUDIN, *Functional analysis*, Mc Graw -Hill Series in Higher Mathematics, Mc Graw -Hill Book Co., New York-Düsseldorf-Johannesburg 1973.

W. RUDIN, *Analisi reale e complessa*, Boringhieri, Torino 1974.

Verranno inoltre distribuite delle dispense sui vari argomenti del corso.

*N.B.* - Il Prof. Marco Degiovanni riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

### **38. Preparazione di esperienze didattiche : Prof. GIANFRANCO BERTAZZI**

#### A) PROGRAMMA DEL CORSO

##### *I Modulo:*

Elementi della teoria degli errori; misura della densità dei solidi con la bilancia idrostatica; misura della pressione atmosferica con il barometro Fortin; taratura di un barometro aneroide; misura del coefficiente dell'attrito statico; misura dell'umidità relativa, della tensione di vapore e della temperatura del punto di rugiada con lo psicometro, misura dell'accelerazione di gravità con il pendolo di Borda; misura della tensione superficiale dei liquidi con lo stalagmometro.

##### *II Modulo:*

Otto esperienze da scegliere tra le seguenti:  
misura dell'intensità luminosa con il fotometro di Bunsen; misura parametri di un telescopio elementare (di Keplero); misura della frequenza di un diapason con il metodo della risonanza; impiego pratico di amperometri e

voltmetri; impiego dei condensatori; misura di una resistenza con il ponte di Wheatstone; misura dei coefficienti di induttanza e di mutua induttanza; misura delle extracorrenti di apertura e di chiusura; misura dei parametri di un trasformatore statico; determinazione sperimentale delle caratteristiche di una fotocellula; utilizzazione pratica dell'oscilloscopio e suo impiego per lo studio del caos; costruzione di un radiorecettore elementare a galena.

#### B) BIBLIOGRAFIA

Sono disponibili dispense.

#### C) AVVERTENZE

Al termine del II Modulo verrà effettuata una visita didattica presso l'osservatorio astrofisico di Asiago.

*N.B.* - Il Prof. Gianfranco Bertazzi riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

### **39. Sistemi di elaborazione dell'informazione (I e II modulo): Prof. GIOVANNI SACCHI**

#### A) PROGRAMMA DEL CORSO

**IMODULO:** *Generalità sui sistemi operativi.*

Concetti fondamentali, classificazione, struttura.

Compiti di un sistema operativo:

- Gestione dei processi;
- Gestione della memoria;
- Interfaccia del File system.

Casi di Studio:

- I Sistemi Unix;
- I Sistemi Windows.

Esercitazioni: Introduzione e analisi del linguaggio FORTRAN.

**II MODULO:** *Approfondimenti sui sistemi operativi.*

Deadlock:

- Modellizzazione e caratterizzazione;
- Gestione, rilevamento, ripristino.

Processi:

- Processi cooperanti;
- Thread, esempi;
- Processi concorrenti.

Sistemi distribuiti:

- Strutture di comunicazione;
- Strutture dei sistemi distribuiti;
- File system distribuiti.

Casi di Studio:

- I Sistemi Linux.

Esercitazioni: Approfondimenti del linguaggio Fortran e analisi di altri linguaggi ad alto livello.

**B) BIBLIOGRAFIA**

A. SIBERSCHATZ-P. GALVIN, *Operating System Concepts*, Addison-Wesley, 5<sup>a</sup> Edizione 1998.

B.W. KERNIGAN-R.S. PIKE, *The Unix programming environment*, Prentice Hall, Software Series 1984.

T.M.R. ELLIS, *Programmazione Strutturata FORTRAN 77*, (con elementi di FORTRAN 90), Zanichelli Bologna, 2<sup>a</sup> Edizione 1997.

**C) AVVERTENZE**

Modalità di esame.

L'esame del Primo Modulo consiste in una prova scritta dedicata alla redazione e alla messa a punto di un programma su uno degli elaboratori del centro di calcolo.

L'esame del Secondo Modulo consiste in una prova orale in cui lo studente dovrà dimostrare la conoscenza degli argomenti in programma.

*N.B.* - Il Prof. Giovanni Sacchi riceve gli studenti il mercoledì dalle ore 17 alle ore 18 nel suo studio.

**40. Statistica matematica (I e II modulo):** Prof. ANGELO ZANELLA

**A) PROGRAMMA DEL CORSO**

**Modulo I:** *Elementi di Calcolo delle probabilità e di Statistica.*

1. *La nozione di probabilità.* Presentazione assiomatica della struttura delle probabilità. Vari approcci per assegnare il valore delle probabilità: frequentista, classico, soggettivista. La distribuzione di probabilità condizionata, la formula di Bayes.
2. *Gli spazi probabilistici con supporto euclideo: le variabili aleatorie o casuali.* Il caso unidimensionale: la funzione di ripartizione; tipologia delle variabili aleatorie: discrete, assolutamente continue e singolari. Estensione al caso bidimensionale: variabili marginali e condizionate. Cenni sulle variabili aleatorie multidimensionali. Descrizione sintetica delle variabili aleatorie: valore medio e momenti; funzione di regressione nel caso bidimensionale. La disuguaglianza di Chebychev. Famiglie di variabili aleatorie di particolare interesse applicativo (di tipo discreto: ipergeometria, binomiale, di Poisson; di tipo continuo: normale, semplice e doppia).
3. *Le successioni di variabili aleatorie.* La funzione caratteristica. Convergenza quasi certa, in probabilità ed in distribuzione. La legge dei grandi numeri; il teorema centrale di convergenza.

**Modulo II:** *Introduzione all'inferenza statistica.*

1. *Complementi di calcolo delle probabilità.* La nozione di informatore statistico e la distribuzione di probabilità condizionata dal valore di un informatore; informatori sufficienti o esaustivi; informatori completi.
2. *Paradigma dell'inferenza parametrica classica.* Il campionario casuale: famiglie di variabili casuali ed inferenza campionaria sui parametri delle stesse. Le famiglie esponenziali.
3. *Elementi di teoria della stima statistica di parametri reali.* Stimatori, corretti o non distorti, consistenti. Stimatori efficienti. Miglioramento di uno stimatore corretto (teorema di Rao-Blackwell). Condizione di esistenza e reperimento dello stimatore efficiente (Teorema di Lehmann-Scheffè). Limite teorico dell'efficienza: disuguaglianza di Duguè-Rao-Cramèr. L'ottenimento di stimatori consistenti ed asintoticamente efficienti: il criterio della massima verosimiglianza.
4. *Elementi di teoria della verifica statistica delle ipotesi.* Nozioni di base della teoria delle decisioni in presenza di risultati aleatori: funzione di decisione, rischio, rischio bayesiano. La verifica statistica delle ipotesi come problema di decisione condizionato. Il lemma fondamentale di Neyman-Pearson. Test uniformemente massimamente potenti.

## B) BIBLIOGRAFIA

Per il Modulo I:

G. DALL'AGLIO, *Calcolo delle probabilità*, Zanichelli, Bologna 1987.

A.ZANELLA, *Argomenti di Statistica metodologica: la struttura del modello probabilistico*, CLEUP, Padova 1980.

L. BERTOLI BARSOTTI, *Problemi e complementi di calcolo delle probabilità ed inferenza statistica*, ISU, Univ. Cattolica, Milano 1996.

Testi di cui può essere utile la consultazione:

G. LETTA, *Probabilità elementare*, Zanichelli, Bologna 1993.

H. BAUER, *Probability theory and elements of measure theory*, Academic Press, London 1981.

Per il Modulo II:

A.M. MOOD-F.A. GRAYBILL-DC. BOES, *Introduzione alla Statistica*, McGraw Hill Libri, Milano 1988.

Testi di cui può essere utile la consultazione:

A. AZZALINI, *Inferenza statistica: un'introduzione basata sul concetto di verosimiglianza*, Springer-Verlag, Berlin 1992.

E.J. DUDEWICZ- S.N. MISHRA, *Modern mathematical statistics*, Wiley, New York 1988.

E.L. LEHMANN, *Theory of point estimation*, Wiley, New York 1985.

E.L. LEHMANN, *Testing statistical hypotheses*, 2a Ed., Wiley, New York 1986.

A. RIZZI, *Inferenza statistica*, UTET Libreria, Torino 1992.

*N.B.* - Il Prof. Angelo Zanella riceve gli studenti il venerdì dalle ore 15 alle ore 16 nel suo studio.

## 41. Storia delle matematiche : Prof. ENRICO GAMBA

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

#### *I modulo*

Le scienze nell'Antichità. I Pitagorici. La matematica come scienza: Euclide, Archimede, Apollonio, Matematica ed astronomia: Ipparco e Tolomeo. Il declino della scienza antica ed i suoi lasciti alla scienza moderna.

La scienza come soggetto storico. Compiti, funzioni, implicazioni etiche, pedagogiche, sociali dell'impresa scientifica nel suo svolgimento storico.

#### *II modulo*

Il calcolo infinitesimale da Cavalieri ad Eulero. Matematica, fisica ed astronomia in Keplero, Galileo, Newton.

La Rivoluzione scientifica ed il formarsi della coscienza dell'uomo moderno.

## B) BIBLIOGRAFIA

### *I modulo*

P.L. PIZZAMIGLIO, *La storia della matematica*, ISU.

### *II modulo*

W. DUNHAM, *Viaggio attraverso il genio*, Zanichelli.

M. GARGANTINI, *Uomo di scienza uomo di fede*, Editrice LDC.

Per entrambi i moduli saranno anche forniti appunti.

## C) AVVERTENZE

I due moduli sono di larga misura indipendenti, pertanto il primo non è propedeutico al secondo.

*N.B.* - Il Prof. Enrico Gamba riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

## **42. Struttura della materia** : Prof. FULVIO PARMIGIANI

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

#### **1. Elettrodinamica**

##### Potenziali e campi

Potenziale scalare e vettore. Condizioni di compatibilità (Gauge Transformations). Compatibilità di Coulomb (Coulomb Gauge). Compatibilità di Lorentz (Lorentz Gauge). Potenziali ritardati. Equazione di Jefimenko. Punti di carica. Potenziali di Liénard-Wiechert. Campo di una carica puntuale in movimento.

##### Radiazioni

Radiazione di dipolo elettrico. Radiazione di dipolo magnetico. Radiazione da una sorgente arbitraria. Potenza irradiata da un punto carica.

#### **2. Cenni alle proprietà ottiche dei solidi**

##### Onde elettromagnetiche nella materia

Relazioni di continuità di carica e energia (conservazione della carica elettrica e dell'energia di un campo e.m.). La terza legge di Newton in elettrodinamica. Tensore stress di Maxwell. Relazione di continuità del momento lineare (conservazione del momento lineare). Momento angolare.

Propagazione di un'onda e.m. nella materia. Propagazione lineare. Riflessione e trasmissione ad incidenza normale ed obliqua. Assorbimento e dispersione. Riflessione da un conduttore. Dipendenza dalla frequenza della permittività elettrica.

#### Cenni alle proprietà ottiche dei solidi

Propagazione della luce nei cristalli. Cristalli isotropi e cristalli anisotropi. Ellissoide degli indici. Attività ottica dei cristalli. Effetto Faraday nei cristalli. Effetti magneto-ottici e elettro-ottici nei cristalli. Cenni di ottica non-lineare.

#### Appendici

Elettrodinamica nella formulazione tensoriale.

Hamiltoniana non-relativistica di una particella carica in un campo magnetico esterno.

### **3. Principi di fisica quantistica e atomica**

#### Formalismo (richiami)

Vettori. Trasformazioni lineari. Autovalori e autovettori. Funzioni spaziali. Operatori come trasformazioni lineari. Formalismo Ket-Bra. Ket di base e rappresentazione matriciale. Misure, osservabili e relazioni di indeterminazione. Interpretazione statistica generalizzata di una funzione d'onda. Principio di indeterminazione nella forma generalizzata.

#### Note introduttive di fisica statistica

Crisi della fisica classica. Molecole e atomi (evidenza chimica). Il confronto critico tra Boltzmann e Mach (statistica e determinismo). Funzione distribuzione di Maxwell. Funzione distribuzione di Boltzmann. Funzione distribuzione di Maxwell-Boltzmann. La radiazione termica. Legge di Rayleigh-Jeans. Distribuzione di energia di un oscillatore in equilibrio termico. L'ipotesi di Planck. Legge dell'irraggiamento di Planck.

#### Introduzione alla fisica atomica

Massa e dimensioni di un atomo. Determinazione della massa. Determinazione delle dimensioni. Atomi, nuclei, isotopi. Il fotone. L'elettrone. L'effetto fotoelettrico. Proprietà ondulatorie della materia. La lunghezza d'onda di de Broglie. Diffrazione di elettroni. Diffrazione di neutroni. Diffrazione di molecole. I raggi X. Legge di Bragg e struttura dei

cristalli. Principio di Heisenberg (minima indeterminazione di un pacchetto d'onde, minima indeterminazione di tempo-energia).

#### I modelli di Bohr-Sommerfeld (cenni)

Principi fondamentali di spettroscopia. Lo spettro ottico dell'atomo di idrogeno. I limiti della teoria di Bohr-Sommerfeld. Il principio di corrispondenza. Atomi di Rydberg.

#### Note introduttive alla teoria quantistica

Moto in un campo centrale. Degenerazione orbitale e spettri degli atomi alcalini. Autofunzioni del momento angolare. Spin degli elettroni. Principio di Pauli. La struttura a shell. Effetti di schermo (screening). Nomenclatura dei livelli atomici e diagramma dei livelli atomici (Grotrian diagram).

#### Magnetismo orbitale e di spin e struttura fine

Momento magnetico del moto orbitale. Precessione e orientamento in un campo magnetico. Momento magnetico e di spin di un elettrone. Esperimento di Stern e Gerlach. Struttura fine e accoppiamento di spin-orbita. Il Lamb shift.

#### Atomi in un campo magnetico (descrizione semiclassica)

Quantizzazione direzionale in un campo magnetico. Risonanza di spin dell'elettrone. L'effetto Zeeman. Esperimento e spiegazioni sulla base della teoria classica dell'elettrone e mediante il modello vettoriale. Spin come momento angolare. Operatori, matrici e funzioni d'onda di spin.

#### Atomi in un campo elettrico

Osservazioni dell'effetto Stark. Interazione di un atomo a due livelli con un campo di radiazione coerente.

### **4. Esempi di applicazione della teoria quantistica**

#### Leggi generali delle transizioni ottiche

Simmetrie e regole di selezione. Elementi di matrice delle transizioni ottiche. Transizioni ottiche nella approssimazione di dipolo. Larghezza e forma di riga.

#### Atomi a molti elettroni

Lo spettro dell'He. Repulsioni tra elettroni e conseguenze del principio di esclusione di Pauli. Accoppiamento del momento angolare. Accoppiamento LS. Accoppiamento jj.

### Il Laser

Concetti e principi di base del laser. Ampiezza e fase della luce laser.

### Fondamenti della teoria quantistica del legame chimico

La molecola ione idrogeno  $(H_2)^+$ . Effetto Tunnel. Risonanza covalente-ionico. La teoria di Hund-Mulliken-Bloch. Ibridazione.

### Simmetrie in meccanica quantistica

Simmetrie, leggi di conservazione e degenerazioni. Simmetrie discrete, parità e inversione spaziale. Traslazione di un reticolo con simmetria discreta. L'elettrone in un potenziale periodico. Concetti fondamentali della struttura a bande di un cristallo.

B) *BIBLIOGRAFIA*

### **Testi suggeriti:**

#### Elettrodinamica e ottica dei solidi:

DAVID J. GRIFFITH, *Introduction to Electrodynamics*, Ed. Prentice Hall (codice ISBN 0-13-805326-X).

GRANT F. FOWLES, *Introduction to Modern Optics*, Ed. Dover (codice ISBN 0-486-65957-7).

#### Struttura della Materia e Fisica Atomica:

H. HAKEN & H.C. WOLF, *Atomic and Quantum Physics*, Ed. Springer-Verlag (codice ISBN 3-540-17702-72).

#### Testi Ausiliari:

C. KITTEL & H. KROEMER, *Termodinamica Statistica*, Ed. Boringhieri (codice ISBN 88-339-5030-1). (Testo originale: *Thermal Physics* - Pub. Freeman & Co., San Francisco, USA).

JUN JOHN SAKURAI, *Meccanica Quantistica Moderna*, Ed. Zanichelli, (Testo originale: *Modern Quantum Mechanics* - Pub. Addison-Wesley Publishing Company Inc.).

*N.B.* - Il Prof. Fulvio Parmigiani riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio. riceve gli studenti