

UNIVERSITÀ CATTOLICA DEL SACRO CUORE

# **SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI**

**Piani di studio, programmi dei corsi**

Sede di Brescia, anno accademico 2000/2001



UNIVERSITÀ CATTOLICA  
DEL SACRO CUORE



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

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

*(<http://www.bs.unicatt.it/facolta/mmffnn/>)*

*(<http://dmf.bs.unicatt.it>)*

*Sede delle lezioni: Via Musei, 41 - Brescia*

*Laurea in Matematica*

*Laurea in Fisica*

ANNO ACCADEMICO 2000/2001

**VITA E PENSIERO**

## 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.

---

## INDICE

### LA FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI

I nuovi corsi di laurea in Matematica e Fisica (secondo l'ordinamento riformato)...	pag. 13
- Corso di laurea in Matematica: piani di studio.....	pag. 13
- Corso di laurea in Fisica: piani di studio.....	pag. 14
Laurea in Matematica (quadriennale – ordinamento vigente).....	pag. 16
- Piani di studio.....	pag. 16
Laurea in Fisica (quadriennale – ordinamento vigente).....	pag. 24
- Piani di studio.....	pag. 24
Il nuovo ordinamento degli studi e le nuove lauree: il progetto della Facoltà di Scienze.....	pag. 29

### PROGRAMMI DEI CORSI

#### *Insegnamenti*

1. Algebra (I, II, III unità): Prof. MARIA CLARA TAMBURINI.....	pag. 41
2. Algebra lineare (1 unità): Prof. ELENA ZIZIOLI.....	pag. 43
3. Algebra superiore (un modulo): Prof. ANDREA LUCCHINI .....	pag. 43
4. Analisi funzionale (un modulo): Prof. RINALDO COLOMBO.....	pag. 43
5. Analisi matematica I (I, II, III unità): Prof. MARCO DEGIOVANNI.....	pag. 44
6. Analisi matematica II: Prof. MARCO MARZOCCHI.....	pag. 45
7. Analisi numerica (I modulo): Prof. MAURIZIO PAOLINI.....	pag. 47
8. Analisi numerica (II modulo): Prof. FRANCO PASQUARELLI.....	pag. 48
9. Analisi superiore (I e II modulo): Prof. ROBERTO LUCCHETTI.....	pag. 48
10. Astrofisica (un modulo): Prof. GIANCARLO CAVALLERI.....	pag. 49

---

11. Biologia molecolare (un modulo): Prof. GIANLUCA DE BELLIS.....	pag. 50
12. Chimica (1 unità): Prof. LAURA E. DEPERO.....	pag. 51
13. Chimica generale ed inorganica: Prof. LIDIA ARMELAO.....	pag. 53
14. Chimica-fisica (I e II modulo): Prof. LAURA E. DEPERO.....	pag. 55
15. Dinamica dei sistemi di particelle (1 unità): Prof. MASSIMO SANCROTTI..	pag. 57
16. Elementi di informatica (2 unità): Prof. GIOVANNA GAZZANIGA.....	pag. 57
17. Elementi di meccanica newtoniana (1 unità): Prof. MASSIMO SANCROTTI...	pag. 58
18. Esperimentazioni di fisica I: Prof. GIANLUCA GALIMBERTI.....	pag. 58
19. Esperimentazioni di fisica II: Prof. LUCIA H. DE SALVO SOUZA.....	pag. 59
20. Esperimentazioni di fisica III (I e II modulo): Prof. LUIGI SANGALETTI...	pag. 60
21. Fisica dei biosistemi (I modulo): Prof. MARIO COMPIANI.....	pag. 61
22. Fisica dell'ambiente (I e II modulo): Prof. ANTONIO BALLARIN DENTI.....	pag. 61
23. Fisica dell'atmosfera (un modulo): Prof. MAURIZIO MAUGERI.....	pag. 63
24. Fisica delle superfici (I e II modulo): Prof. MASSIMO SANCROTTI.....	pag. 64
25. Fisica dello stato solido (I modulo): Prof. MARCO FINAZZI.....	pag. 65
26. Fisica dello stato solido (II modulo): Prof. GIORGIO PAOLUCCI.....	pag. 67
27. Fisica generale I: Prof. MASSIMO SANCROTTI.....	pag. 69
28. Fisica generale II: Prof. FAUSTO BORGONOVÌ.....	pag. 71
29. Fisica teorica (un modulo): Prof. ....	pag. 73
30. Fluidodinamica (I e II modulo): Prof. MARCO PILOTTI.....	pag. 73
31. Fondamenti dell'informatica (I e II modulo): Prof. GIOVANNA GAZZANIGA..	pag. 75
32. Fondamenti della matematica (un modulo): Prof. ANTONINO VENTURA.....	pag. 76
33. Geometria I (I, II, III unità): Prof. ELENA ZIZIOLI.....	pag. 77
34. Geometria II: Prof. SILVIA PIANTA.....	pag. 79
35. Geometria superiore (I modulo): Prof. CLAUDIO PERELLI CIPPO.....	pag. 80
36. Geometria superiore (II modulo): Prof. SILVIA PIANTA.....	pag. 80
37. Inglese scientifico (1 unità): Prof. ....	pag. 80
38. Intelligenza artificiale (I e II modulo): Prof. GERMANO RESCONI.....	pag. 81
39. Istituzioni di algebra superiore (I e II modulo): Prof. MARIA CLARA TAMBURINI.....	pag. 81
40. Istituzioni di analisi superiore (I modulo): Prof. MARCO DEGIOVANNI.....	pag. 82
41. Istituzioni di analisi superiore (II modulo): Prof. MAURIZIO PAOLINI.....	pag. 83
42. Istituzioni di fisica matematica (I modulo): Prof. CLAUDIO GIORGI.....	pag. 84
43. Istituzioni di fisica matematica (II modulo): Prof. CARLO BANFI.....	pag. 85
44. Istituzioni di fisica nucleare e subnucleare (I e II modulo): Prof. GIUSEPPE NARDELLI.....	pag. 86
45. Istituzioni di fisica teorica (I e II modulo): Prof. FRANCO DALFOVO.....	pag. 87
46. Istituzioni di geometria superiore (I e II modulo): Prof. BRUNO BIGOLIN....	pag. 89
47. Laboratorio di elettronica (I e II modulo): Prof. ENRICO ZAGLIO.....	pag. 89
48. Laboratorio di fisica (3 unità): Prof. GIANLUCA GALIMBERTI.....	pag. 91

---

49. Laboratorio di fisica dell'ambiente (un modulo): Prof. MAURIZIO MAUGERLI...	pag. 92
50. Laboratorio di fisica terrestre (un modulo): Prof. GIANFRANCO BERTAZZI	pag. 92
51. Laboratorio linguistico (1 unità): Prof. ....	pag. 93
52. Logica matematica (un modulo): Prof. RUGGERO FERRO.....	pag. 93
53. Matematica finanziaria (I e II modulo): Prof. FRANCESCO MARIA PARIS.....	pag. 94
54. Matematiche complementari (I e II modulo): Prof. MARIO MARCHI.....	pag. 94
55. Meccanica razionale: Prof. CARLO BANFI.....	pag. 95
56. Meccanica statistica (I modulo): Prof. FAUSTO BORGONOVÌ.....	pag. 97
57. Meccanica statistica (II modulo): Prof. FRANCO DALFOVO.....	pag. 98
58. Metallurgia (I e II modulo): Prof. ROBERTO ROBERTI.....	pag. 98
59. Metodi computazionali della fisica (un modulo): Prof. MAURIZIO PAOLINI...	pag. 98
60. Metodi di approssimazione (un modulo): Prof. MAURIZIO PAOLINI.....	pag. 98
61. Metodi e modelli per l'organizzazione e la gestione (un modulo): Prof. LORENZO SCHIAVINA.....	pag. 99
62. Metodi matematici della fisica (I modulo): Prof. MARCO DEGIOVANNI.....	pag. 100
63. Metodi matematici della fisica (II modulo): Prof. MARCO DEGIOVANNI...	pag. 100
64. Preparazione di esperienze didattiche (I e II modulo): Prof. GIANFRANCO BERTAZZI.....	pag. 101
65. Relatività (un modulo): Prof. GIANCARLO CAVALLERI.....	pag. 102
66. Sistemi di elaborazione dell'informazione (I e II modulo): Prof. GIOVANNI SACCHI.....	pag. 102
67. Statistica matematica (I e II modulo): Prof. LUCIO BERTOLI BARSOTTI.....	pag. 104
68. Storia delle matematiche (I e II modulo): Prof. ENRICO GAMBA.....	pag. 104
69. Struttura della materia (I e II modulo): Prof. FULVIO PARMIGIANI.....	pag. 105
70. Tecniche fisiche per la diagnostica biomedica (un modulo): Prof. PIERO FEROLDI.....	pag. 108
71. Termodinamica (1 unità): Prof. MASSIMO SANCROTTI.....	pag. 108

### *Corsi di Introduzione alla Teologia*

1° anno di corso: Prof. PIERLUIGI PIZZAMIGLIO.....	pag. 109
2° anno di corso: Prof. PIERLUIGI PIZZAMIGLIO .....	pag. 110
3° anno di corso: Prof. RENATO FALISELLI.....	pag. 110



## **PRESENTAZIONE**

## **PRESENTAZIONE DELLA FACOLTÀ**

### **I corsi attivati**

Per l'anno accademico 2000/2001 la Facoltà di Scienze attiva gli insegnamenti per i corsi di laurea in Matematica ed in Fisica. I corsi sono articolati in modo da tener conto dell'imminente approvazione della riforma degli studi universitari, che prevede il passaggio dagli odierni corsi di laurea quadriennali ad una struttura a due livelli (3+2): un corso di laurea triennale seguito da un corso di laurea specialistica biennale.

Gli studenti che si immatricolano nel 2000/2001 potranno così scegliere di iscriversi:

- al primo anno del corso di laurea in Matematica (triennale, nuovo ordinamento);
- al primo anno del corso di laurea in Fisica (triennale, nuovo ordinamento);
- al primo anno del corso di laurea in Matematica (quadriennale, ordinamento vigente).

Gli studenti già iscritti ai corsi di laurea quadriennali in Matematica e in Fisica potranno seguire gli insegnamenti attivati al secondo, terzo e quarto anno dei rispettivi corsi di laurea, secondo l'ordinamento vigente. Nel seguito, la guida fornisce in dettaglio i piani di studio per ciascun corso di laurea. Infine, verrà presentato il progetto complessivo dei corsi presso la Facoltà di Scienze, al fine di far meglio comprendere obiettivi, tempi e modalità del passaggio tra un ordinamento e l'altro.

## **I nuovi corsi di laurea in Matematica e Fisica (secondo l'ordinamento riformato)**

### ***Introduzione***

Nel 2000/2001 è attivato il primo anno del corso di laurea triennale in Matematica ed il primo anno del corso di laurea triennale in Fisica. Gradualmente verranno poi attivati gli anni successivi, oltre alle lauree specialistiche. Per conseguire la laurea in Matematica o in Fisica, lo studente deve aver acquisito 180 crediti, corrispondenti normalmente a tre anni accademici, per uno studente con adeguata preparazione iniziale ed impegnato a tempo pieno negli studi universitari. Un credito corrisponde a circa 25 ore di impegno dello studente nelle varie attività formative. Almeno il 60% dell'impegno orario complessivo è riservato allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale. Per conseguire la successiva laurea specialistica, lo studente dovrà acquisire 300 crediti, inclusi i 180 della laurea triennale. Oltre alle attività formative indicate nel piano di studi, lo studente è tenuto a sostenere due esami di Introduzione alla Teologia.

Obiettivo comune ai corsi di laurea è quello di fornire una solida formazione di base in matematica e fisica, adeguata sia per successivi approfondimenti nei corsi specialistici e di dottorato, o nelle scuole di specializzazione, inclusa quella relativa alla formazione degli insegnanti, sia per l'accesso diretto ad attività lavorative che richiedono familiarità con la cultura ed il metodo scientifico, una mentalità aperta e flessibile predisposta al rapido apprendimento di metodologie e tecnologie innovative, nonché la capacità di utilizzare attrezzature complesse. Alla conclusione del triennio, lo studente dovrebbe essere in possesso di adeguate competenze e strumenti per la comunicazione e la gestione dell'informazione, essere capace di lavorare in gruppo, di operare con autonomia e di inserirsi prontamente negli ambienti di lavoro. A questi obiettivi generali si aggiungono, infine, gli obiettivi specifici di ciascun corso di laurea.

Le attività formative previste per ogni corso di laurea variano a seconda della "classe" entro cui il corso di laurea viene inserito (nel nostro caso, la classe di "Scienze matematiche" e quella di "Scienze e tecnologie fisiche"). I crediti corrispondenti a ciascuna attività formativa vengono acquisiti tramite il

superamento di una prova di valutazione. L'elenco completo delle attività previste per i corsi di laurea in Matematica ed in Fisica è dato più avanti. La prova finale per il conseguimento del titolo consiste nella discussione di un breve elaborato scritto, nella valutazione del quale si terrà conto anche della preparazione generale dello studente e delle sue abilità riguardanti la comunicazione, la diffusione ed il reperimento delle informazioni scientifiche con metodi bibliografici, informatici e telematici.

---

## **PIANI DI STUDIO**

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

Le attività formative che costituiscono il corso di laurea sono articolate in unità. L'unità tipica corrisponde a circa 20 ore di lezione ed altrettante di esercitazioni, collocate nelle prime 8 settimane di ogni periodo (l'anno accademico essendo diviso in tre periodi). Ad ogni unità sono assegnati 5 crediti formativi, da acquisire tramite il superamento di una prova di valutazione. Per conseguire la laurea lo studente deve aver acquisito 180 crediti.

Nell'ambito dello stesso corso di laurea si suggerisce di scegliere tra due percorsi formativi diversi, che si distinguono per un certo numero di crediti specifici nell'arco del triennio. Un primo percorso, che denominiamo semplicemente come "Matematica", fornisce una preparazione di base adeguata a chi intenda proseguire con la laurea specialistica in matematica, il dottorato, o la scuola di specializzazione per l'insegnamento. Il secondo percorso, che chiamiamo "Matematica e informatica per le applicazioni aziendali" (o, semplicemente, percorso "applicativo"), integra la formazione di base in matematica con alcuni insegnamenti di carattere appunto più applicativo e professionalizzante, in modo da facilitare l'inserimento nel mondo del lavoro di quegli studenti che, dopo la laurea triennale, non intendano proseguire gli studi.

*Il primo anno prevede le seguenti attività formative:*

- Analisi matematica (2 unità)
- Geometria (2 unità)
- Algebra (1 o 2 unità, la seconda solo per il percorso "Matematica")
- Elementi di informatica (2 unità)
- Statistica matematica (1 unità)
- Elementi di meccanica newtoniana (1 unità)
- Termodinamica (1 unità)
- Inglese scientifico (1 unità)
- Laboratorio linguistico (1 unità solo per il percorso "applicativo")

*Le attività del primo periodo di lezioni sono:*

Analisi matematica (prima e seconda unità),  
Algebra (prima unità) e Elementi di meccanica newtoniana.

Questi insegnamenti sono comuni ai due percorsi. Il calendario delle rimanenti unità è disponibile in rete, presso il sito della Facoltà, mentre l'elenco completo delle attività nell'arco del triennio è presentato nella parte finale di questa guida.

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

Come per il corso di laurea in matematica, le attività formative che costituiscono il corso di laurea sono articolate in unità. Ad ogni unità sono assegnati 5 crediti formativi, salvo eccezioni specificate in seguito, da acquisire tramite il superamento di una prova di valutazione. Per conseguire la laurea lo studente deve aver acquisito 180 crediti.

Nell'ambito dello stesso corso di laurea si suggerisce di scegliere fra tre percorsi formativi diversi, che si distinguono per un certo numero di crediti specifici nell'arco del triennio. Un primo percorso, che denominiamo semplicemente come "Fisica", fornisce una preparazione di base adeguata a chi intenda proseguire con la laurea specialistica in fisica, il dottorato, o la scuola di specializzazione per l'insegnamento. Gli altri due percorsi, denominati "Fisica e informatica per le telecomunicazioni" e "Fisica del territorio e dell'ambiente", integrano la formazione di base in fisica e matematica con alcuni insegnamenti di carattere più applicativo e professionalizzante, in modo da facilitare sia l'inserimento nel mondo del lavoro di quegli studenti che dopo la laurea triennale non intendano proseguire gli studi, sia il proseguimento degli studi in lauree specialistiche diverse dalla fisica, a contenuto più tecnologico, ingegneristico o informatico. In particolare, il primo dei due prevede alcuni insegnamenti finalizzati ad acquisire conoscenze informatiche sufficientemente approfondite da permettere l'uso di risorse informatiche in ambito professionale, conoscenze degli aspetti fondamentali della codifica, elaborazione e trasmissione dell'informazione, e conoscenze dei dispositivi elettronici e ottici per le telecomunicazioni. Il secondo, invece, prevede insegnamenti finalizzati ad acquisire una buona conoscenza di chimica organica e inorganica, ecologia, scienze della terra, fisica ambientale e dell'atmosfera, nonché la capacità di operare con strumenti di misura e tecniche sperimentali utili alla ricerca nel settore ambientale. Di seguito indicheremo tali percorsi anche come "applicativi".

*Il primo anno prevede le seguenti attività formative:*

- Analisi matematica (2 unità)
- Algebra lineare (1 unità)
- Geometria (1 unità, solo per il percorso "Fisica")
- Elementi di informatica (2 unità, la seconda solo per i percorsi "applicativi")
- Chimica (1 unità, 6 crediti anziché 5)

- Elementi di meccanica newtoniana (1 unità)
- Dinamica dei sistemi di particelle (1 unità)
- Termodinamica (1 unità)
- Laboratorio di fisica (3 unità, la terza solo per il percorso di “Fisica”)
- Inglese scientifico (1 unità, solo per i percorsi “applicativi”)

*Le attività del primo periodo di lezioni sono:*

Analisi matematica (prima e seconda unità),

Laboratorio di fisica (prima unità) e Elementi di meccanica newtoniana.

Questi insegnamenti sono comuni ai tre percorsi. Il calendario delle rimanenti unità è disponibile in rete, presso il sito della Facoltà, mentre l’elenco completo delle attività nell’arco del triennio è presentato nella parte finale di questa guida.

## **Il corso di laurea in Matematica (quadriennale, ordinamento vigente)**

### **Introduzione**

Nel 2000/2001 sono attivati tutti e quattro gli anni del corso di laurea quadriennale in Matematica. Il corso prevede una parte di insegnamenti obbligatori comuni, a carattere formativo di base, ed alcuni insegnamenti specifici per diversi indirizzi a scelta.

Gli indirizzi previsti sono:

- indirizzo generale,
- indirizzo didattico,
- indirizzo applicativo.

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

Gli insegnamenti obbligatori comuni corrispondono a otto corsi annuali, corredati di esercitazioni ed eventualmente articolati in due o tre parti distinte.

Gli insegnamenti di indirizzo corrispondono a sette corsi annuali, eventualmente articolati in due o tre parti distinte, con eventuali esercitazioni. Per ogni insegnamento è previsto un esame finale, eventualmente suddiviso in più parti, qualora il corso stesso preveda una tale suddivisione. 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.

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.

### **Piano di studio**

Agli studenti che intendono iscriversi al primo anno di questo corso di laurea si ricorda che, in questo stesso anno accademico, viene attivato anche il primo anno del corso di laurea riformato, scelta peraltro consigliata per coloro che ritengono opportuno avvalersi da subito dei possibili benefici della riforma degli studi universitari. È importante notare, tuttavia, che la scelta non è immediatamente vincolante; lo studente avrà modo e diritto, anche in seguito, di continuare con l'ordinamento vigente fino al termine degli studi, oppure passare al nuovo ordinamento nel corso del primo anno, o negli anni successivi. In particolare, gli insegnamenti nel primo periodo del

primo anno coincidono nei due ordinamenti, a meno della diversa denominazione delle unità, e il riconoscimento dei crediti per il passaggio al nuovo ordinamento è automatico.

### *I anno di corso*

Il primo anno di corso prevede i seguenti insegnamenti:

- Analisi matematica I (3 unità)
- Algebra (3 unità)
- Geometria I (3 unità)
- Fisica generale I (3 unità)

Le diverse unità di uno stesso insegnamento sono propedeutiche l'una all'altra secondo l'ordine con cui sono indicate.

Le attività del primo periodo di lezioni sono:

Analisi matematica I (prima e seconda unità),  
Algebra (prima unità) e Fisica generale I (prima unità).

Il calendario delle rimanenti unità è disponibile in rete, presso il sito della Facoltà.

### *II anno di corso*

Il secondo anno di corso prevede i seguenti insegnamenti:

- Analisi matematica II (2 moduli)
- Meccanica razionale (2 moduli)
- Geometria II (2 moduli)
- Fisica generale II (2 moduli)

Il calendario con la distribuzione dei moduli sui tre periodi di lezione è disponibile in rete, presso il sito della Facoltà.

### *III e IV anno di corso*

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 III e IV anno (all'atto dell'iscrizione al quarto anno lo studente può richiedere, con domanda motivata, di cambiare il piano di studi). Il piano di studi dovrà tener conto anche delle eventuali propedeuticità previste per alcuni insegnamenti. Informazioni su questo punto, come pure sulla distribuzione degli insegnamenti sui due anni di corso, sono scritte nel manifesto degli studi e sono disponibili in rete.

Gli indirizzi previsti sono: indirizzo generale, indirizzo didattico, indirizzo applicativo (quest'ultimo da non confondere con il percorso formativo di tipo applicativo delle lauree triennali riformate).

*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;
- due moduli nell'area disciplinare dell'analisi matematica;
- un modulo nell'area disciplinare della fisica matematica;
- un modulo da scegliere nelle aree disciplinari dell'analisi numerica e della probabilità e statistica matematica;
- due ulteriori moduli da scegliere nelle aree disciplinari dell'algebra, della geometria, dell'analisi matematica, dell'analisi numerica e della fisica matematica.

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;
- un modulo nell'area disciplinare dell'informatica;
- quattro moduli da scegliere nelle aree disciplinari della logica matematica e delle matematiche complementari;
- due moduli da scegliere nelle aree disciplinari della informatica e della probabilità e statistica matematica.

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;
- due moduli nell'area disciplinare della fisica matematica;

- due moduli nell'area disciplinare dell'informatica;
- un modulo nell'area disciplinare della probabilità e statistica matematica;
- un modulo nell'area disciplinare dell'analisi numerica;
- 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.

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

*Insegnamenti attivati al III e IV anno*

- Logica matematica
- Algebra superiore
- Istituzioni di algebra superiore
- Geometria superiore
- Istituzioni di geometria superiore
- Fondamenti della matematica
- Matematiche complementari
- Storia delle matematiche
- Analisi funzionale
- Analisi superiore
- Istituzioni di analisi superiore
- Statistica matematica
- Istituzioni di fisica matematica
- Analisi numerica
- Metodi di approssimazione
- Metodi e modelli per l'organizzazione e la gestione
- Esperimentazioni di fisica I
- Esperimentazioni di fisica II
- Esperimentazioni di fisica III
- Istituzioni di fisica teorica
- Preparazione di esperienze didattiche
- Relatività
- Fondamenti dell'informatica
- Intelligenza artificiale
- Sistemi di elaborazione dell'informazione
- 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)**

Esperimentazioni di fisica I (B01A)

Esperimentazioni di fisica II (B01A)

Esperimentazioni di fisica III (B01A)

Istituzioni di fisica teorica (B02A)

Preparazione di esperienze didattiche (B01C)

Relatività (B02A)

**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(°)
Analisi 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

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.

### **Dopo la laurea**

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 ad attività professionali sia nel settore privato (centri di ricerca presso aziende, centri di elaborazione dati anche in campo economico-finanziario, aziende in campo informatico), sia in quello pubblico (enti ed istituti di ricerca fondamentale e applicata), oltre che nell'insegnamento (Scuola media inferiore: scienze matematiche, chimiche, fisiche e naturali; scuola media superiore: matematica, matematica applicata, fisica, matematica e fisica, informatica).

### **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.

## **Il corso di laurea in Fisica (quadriennale, ordinamento vigente)**

### **Introduzione**

Nel 2000/2001 sono attivati il secondo, il terzo e il quarto anno del corso di laurea quadriennale in Fisica. Il corso prevede una parte di insegnamenti obbligatori comuni, a carattere formativo di base, e alcuni insegnamenti specifici per diversi indirizzi a scelta.

Gli indirizzi previsti sono:

- indirizzo di fisica della materia,
- indirizzo di fisica terrestre e dell'ambiente,
- indirizzo di fisica dei biosistemi,

Gli insegnamenti di indirizzo sono previsti al quarto anno.

L'attività didattica è costituita, oltre che dalle lezioni, da esercitazioni in aula e in laboratorio, seminari, attività di tutorato, ed altre attività formative quali visite tecniche, prove parziali di accertamento, stesura e discussione di elaborati.

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 un numero di corsi pari a diciotto annualità, avendo superato i relativi esami.

Ogni corso può essere suddiviso in due o tre parti distinte con eventuali prove di valutazione intermedie. 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.

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

### **Piano di studio**

#### *II e III anno di corso*

Il secondo anno di corso prevede i seguenti insegnamenti:

- Analisi matematica II

- Fisica generale II
- Meccanica razionale
- Esperimentazioni di fisica II
- Chimica generale e inorganica

Il terzo anno di corso prevede i seguenti insegnamenti:

- Metodi matematici della fisica
- Istituzioni di fisica teorica
- Istituzioni di fisica nucleare e subnucleare
- Struttura della materia
- Esperimentazioni di fisica III

Il calendario con la distribuzione dei moduli sui tre periodi di lezione è disponibile in rete, presso il sito della Facoltà.

#### *IV anno di corso*

Al IV anno lo studente deve seguire un numero di corsi pari a 8 moduli, equivalenti a quattro corsi annuali. Almeno 2 moduli devono essere riservati ad un corso che preveda attività di laboratorio. Almeno altri 4 moduli devono essere scelti tra i corsi consigliati per uno degli indirizzi previsti, elencati di seguito. Il piano di studi, con la scelta dell'indirizzo, deve essere presentato al momento della iscrizione al terzo anno (all'atto dell'iscrizione al quarto anno lo studente può richiedere, con domanda motivata, di cambiare il piano di studi).

Gli indirizzi previsti sono:

- fisica terrestre e dell'ambiente,
- fisica dei biosistemi,
- fisica della materia.

Di seguito diamo l'elenco dei corsi consigliati per ciascun indirizzo.

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

- Laboratorio di fisica terrestre (1 modulo)
- Laboratorio di fisica dell'ambiente (1 modulo)
- Fisica dell'ambiente (2 moduli)
- Fisica dell'atmosfera (1 moduli)
- Fluidodinamica (1 modulo)
- Chimica-fisica (primo modulo)

- due moduli a scelta tra Laboratorio di elettronica e Metodi computazionali della fisica

***Indirizzo di fisica dei biosistemi:***

- Laboratorio di elettronica (2 moduli)
- Fisica dei biosistemi (2 moduli)
- Tecniche fisiche per la diagnostica biomedica (1 m.)
- Chimica-fisica (primo modulo)
- 2 moduli a scelta tra Meccanica statistica (primo modulo), Metodi computazionali della fisica (1 modulo), Fisica dell'ambiente (2 moduli).

***Indirizzo di fisica della materia:***

*Percorso di tipo sperimentale per la fisica dei solidi, delle superfici e delle nanostrutture:*

- \* Laboratorio di elettronica (2 moduli)
- \* Sei moduli a scelta tra:
  - Fisica dello stato solido (2 moduli)
  - Fisica delle superfici (2 moduli)
  - Chimica-fisica (2 moduli)
  - Metallurgia (2 moduli)

*Percorso di tipo teorico:*

- \* Laboratorio di elettronica (1 modulo)
- \* Metodi computazionali della fisica (1 modulo)
- \* Meccanica statistica (2 moduli)
- \* Fisica teorica (1 modulo)
- \* 3 moduli a scelta tra Relatività (1 modulo), Astrofisica (1 modulo), Fisica dello stato solido (2 moduli) o un modulo tra gli insegnamenti del III e IV anno del corso di laurea in matematica.

***Insegnamenti attivati al IV anno***

- Laboratorio di elettronica (2 moduli)
- Laboratorio di fisica terrestre (1 modulo)
- Laboratorio di fisica dell'ambiente (1 modulo)
- Fisica dell'ambiente (2 moduli)
- Fisica dell'atmosfera (1 modulo)

Fluidodinamica (1 modulo)  
Chimica-fisica (2 moduli)  
Fisica dei biosistemi (2 moduli)  
Tecniche fisiche per la diagnostica biomedica (1 modulo)  
Fisica dello stato solido (2 moduli)  
Fisica delle superfici (2 moduli)  
Metallurgia (2 moduli)  
Meccanica statistica (2 moduli)  
Fisica teorica (1 modulo)  
Relatività (1 modulo)  
Astrofisica (1 modulo)

L'insegnamento di Metodi computazionali della fisica (un modulo) sarà mutuato dall'insegnamento di Metodi di approssimazione (un modulo) del corso di laurea in Matematica.

### **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.

### **Dopo la laurea**

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 ad attività professionali sia nel settore privato (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), sia in quello pubblico (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), oltre che nell'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 fotogra-

fica cinematografica e televisiva, impianti elettrici e costruzioni elettromeccaniche, informatica industriale).

### **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.

### ***Organizzazione dei corsi e degli esami per l'anno accademico 2000-2001***

Tutti gli insegnamenti, sia con l'ordinamento vigente che con quello riformato, sono articolati su tre periodi di lezioni ed esami. In ciascun periodo, della durata approssimativa di 3 mesi, le prime 8 settimane sono dedicate alle lezioni, incluse le esercitazioni, e le settimane successive sono dedicate agli appelli d'esame. Nell'anno accademico 2000/2001, il primo periodo va dal 9 ottobre 2000 al 14 gennaio 2001, il secondo periodo dal 15 gennaio all'11 aprile, il terzo periodo dal 18 aprile al 14 luglio. Appelli d'esame sono poi previsti anche nel mese di settembre 2001.

### ***Informazioni disponibili in rete***

Informazioni aggiornate sulla Facoltà di Scienze, i corsi di laurea, l'elenco degli insegnamenti attivati, i docenti, il calendario, i programmi dettagliati dei corsi (resi disponibili, mano a mano, dai singoli docenti), ed altro materiale utile, si trovano in rete all'indirizzo seguente:

*<http://www.dmf.bs.unicatt.it/istituzioni/facolta/scienze.html>*

oppure nelle pagine del Dipartimento di Matematica e Fisica, all'indirizzo

*<http://www.dmf.bs.unicatt.it/>*

---

**IL PROGETTO DI RIORDINO  
DELLA FACOLTÀ DI SCIENZE**

## **Il nuovo ordinamento degli studi e le nuove lauree: il progetto della Facoltà di Scienze.**

Entro il 2000 è prevista l'approvazione da parte del Ministro dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica dei decreti che completano il percorso legislativo della riforma degli studi universitari, secondo quanto previsto dal nuovo regolamento sull'autonomia didattica degli atenei (decreto ministeriale n. 509 del 3-11-1999). Le università italiane avranno tempo alcuni mesi per redigere autonomamente i propri regolamenti didattici in attuazione della riforma e per riorganizzare i corsi di laurea.

Nell'intenzione dei promotori della riforma, il nuovo ordinamento dovrebbe limitare i difetti dell'attuale sistema universitario italiano (scarsa flessibilità e scarsa diversificazione degli studi, eccessiva rigidità del sistema, scarsa autonomia degli atenei sulle scelte didattiche, allungamento della durata reale degli studi, alta percentuale di abbandoni, rapporto inadeguato con il mercato del lavoro). Si prevede che le nuove lauree triennali, assieme alle lauree specialistiche e i dottorati, possano creare migliori prospettive di studio e di lavoro per chi affronta gli studi universitari, con l'ulteriore vantaggio di portare il sistema universitario italiano ad una maggiore omogeneità con gli altri paesi europei. Il passaggio da un ordinamento degli studi all'altro, se affrontato con progetti adeguati, può anche costituire un'occasione importante per migliorare l'offerta didattica, adeguandola alle risorse e alle competenze di ciascuna sede e alla realtà economica e culturale in cui l'università si colloca, ed è anche un'ottima opportunità per aggiornare i programmi e i metodi di insegnamento.

Il nuovo schema prevede lauree triennali seguite da lauree specialistiche biennali, oltre ai corsi del dottorato di ricerca e le scuole di specializzazione. L'avvio completo del nuovo ordinamento, nella maggior parte delle sedi universitarie è atteso per l'anno accademico 2001/2002. Tuttavia, alcune sedi hanno ritenuto opportuno avviare fin da subito la laurea triennale avendo già pronto un progetto in tal senso.

Il nuovo ordinamento raggruppa i corsi di laurea entro un insieme definito di "classi" che ne caratterizzano i contenuti di massima, lasciando un ampio margine di libertà ai singoli atenei per la definizione degli specifici percorsi formativi. I nuovi corsi di laurea in matematica e fisica appartengono rispettivamente alle classi "Scienze matematiche" e "Scienze e tecnologie fisiche". L'obiettivo comune dei nuovi corsi di laurea triennali è quello di fornire una

solida formazione di base in matematica e fisica adeguata sia per successivi approfondimenti nei corsi specialistici e di dottorato, o nelle scuole di specializzazione, inclusa quella relativa alla formazione degli insegnanti, sia per l'accesso diretto ad attività lavorative che richiedono familiarità con la cultura ed il metodo scientifico, una mentalità aperta e flessibile predisposta al rapido apprendimento di metodologie e tecnologie innovative, nonché la capacità di utilizzare attrezzature complesse. Alla conclusione del triennio, lo studente dovrebbe inoltre essere in grado di utilizzare almeno una lingua dell'Unione Europea, oltre l'italiano, essere in possesso di adeguate competenze e strumenti per la comunicazione e la gestione dell'informazione, essere capace di lavorare in gruppo, di operare con autonomia e di inserirsi prontamente negli ambienti di lavoro. A questi obiettivi generali si aggiungono, infine, gli obiettivi specifici di ciascun corso di laurea.

I corsi di laurea in matematica e in fisica, approvati dal Senato Accademico dell'Università Cattolica, sono solo una parte del progetto complessivo elaborato dalla Facoltà di Scienze. Oltre alla naturale attivazione, fra tre anni, delle lauree specialistiche biennali in matematica e fisica, il progetto prevede anche l'attivazione, in prospettiva, di altre tre lauree triennali di tipo applicativo-professionalizzante. Il quadro completo dei corsi di laurea triennali da attivare è il seguente.

*Corsi della classe di Scienze matematiche:*

Corso di laurea in Matematica

Corso di laurea in Matematica e informatica per le applicazioni aziendali

*Corsi della classe di Scienze e tecnologie fisiche:*

Corso di laurea in Fisica

Corso di laurea in Fisica e informatica per le telecomunicazioni

Corso di laurea in Fisica del territorio e dell'ambiente

Per attivare i tre corsi di laurea di tipo applicativo (Matematica e informatica per le applicazioni aziendali, Fisica e informatica per le telecomunicazioni, e Fisica del territorio e dell'ambiente) è necessario passare attraverso l'iter di approvazione previsto dalla legge e non è dunque possibile farli partire con l'anno accademico 2000-2001. Tuttavia, i contenuti di tali lauree saranno già presenti nei corsi di laurea in matematica e fisica sotto forma di percorsi formativi opzionali, liberamente scelti dallo studente. E' importante notare che

questi percorsi “applicativi” differiscono ben poco dai rispettivi corsi di base in matematica e fisica al primo anno di corso, così che sarà facile passare da un percorso all’altro anche durante o dopo il primo anno e sarà pure facile il passaggio alle nuove lauree al momento della loro approvazione formale. Per questo motivo presentiamo qui il progetto nella sua interezza, come se le nuove lauree triennali applicative fossero già approvate. Nel caso in cui non vengano approvate entro tre anni, lo studente che avrà seguito uno dei percorsi formativi corrispondenti otterrà la laurea matematica o in fisica e potrà proseguire gli studi nelle lauree specialistiche in matematica e fisica presso la Facoltà di Scienze dell’Università Cattolica con il pieno riconoscimento dei crediti acquisiti. Oppure potrà scegliere di collocarsi nel mondo del lavoro, potendo avvalersi esplicitamente, nel proprio curriculum, dei crediti acquisiti in ambiti tecnologici e applicativi. Nel caso di continuazione degli studi presso altre sedi, la legge prevede che i crediti formativi acquisiti siano valutati dalla nuova sede secondo propri criteri. La Facoltà di Scienze ha tenuto conto di questo aspetto nella formulazione del proprio progetto, individuando nel confronto con analoghi progetti in altri atenei quei criteri essenziali di omogeneità che dovrebbero facilitare il passaggio degli studenti da una sede all’altra.

Nel seguito presentiamo in dettaglio le attività formative previste per ciascun corso di laurea. Per ogni corso diamo gli obiettivi generali e l’elenco delle attività previste. Prima però si sottolinea nuovamente che il ciclo completo 3+2 per la matematica e la fisica prevede anche l’attivazione delle corrispondenti lauree specialistiche biennali, il cui progetto è in fase di elaborazione. Il livello di competenze previsto al termine del ciclo 3+2 sarà paragonabile a quello delle lauree quadriennali dell’ordinamento vigente, con un miglioramento della qualità dello studio (si tenga conto che la durata effettiva delle lauree attuali è mediamente ben maggiore dei 4 anni di corso legali).

### *Corso di laurea in Matematica*

Il corso di laurea triennale in Matematica, della Classe di Scienze matematiche, si pone l’obiettivo di formare laureati con:

- una solida preparazione sugli aspetti basilari della matematica pura ed applicata (algebra, geometria, analisi matematica, fisica matematica, logica, calcolo delle probabilità, analisi numerica) e della fisica classica;
- una buona competenza in ambito informatico e computazionale;

- una conseguente familiarità nell'elaborazione, utilizzo e diffusione di modelli formalizzati, siano essi rivolti a scopi di pura indagine scientifica o ad applicazioni tecnologicamente avanzate;
- capacità di svolgere compiti definiti, ad esempio come supporto tecnico per gli aspetti modellistico-matematici e computazionali ad attività dell'industria, della finanza, dei servizi e della pubblica amministrazione, o nel campo dell'apprendimento della matematica e della diffusione della cultura scientifica;
- sufficiente dimestichezza con la lingua inglese, sia nell'ambito specifico di competenza che ai fini dello scambio di informazioni generali; possesso di adeguate competenze e strumenti per la comunicazione e la gestione dell'informazione;
- capacità di lavorare in gruppo, di operare con definiti gradi di autonomia e di inserirsi prontamente negli ambienti di lavoro.

A tale scopo, il corso di laurea prevede le seguenti attività formative (in parentesi i crediti):

Elementi di meccanica newtoniana (5)  
Termodinamica (5)  
Elettromagnetismo (10)  
Logica matematica (5)  
Algebra (10)  
Geometria (20)  
Analisi matematica (20)  
Meccanica razionale (5)  
Meccanica analitica (5)  
Analisi numerica (10)  
Fondamenti dell'informatica (10)  
Statistica matematica (10)  
Attività formative a scelta (45)  
Inglese scientifico (5)  
Prova finale (5)  
Laboratorio linguistico (5)  
Laboratori di informatica (5)

***Corso di laurea in Matematica e informatica  
per le applicazioni aziendali***

Il corso di laurea triennale in Matematica e informatica per le applicazioni aziendali, della Classe di Scienze matematiche, si pone l'obiettivo di formare laureati con:

- un'adeguata preparazione su aspetti basilari della matematica pura (algebra, geometria, analisi matematica, calcolo delle probabilità) e della fisica classica;
- una solida competenza sugli aspetti applicativi della matematica (metodi e modelli matematici, analisi numerica, ricerca operativa, matematica finanziaria) e su aspetti informatico-computazionali (programmazione sequenziale e ad oggetti);
- una conseguente familiarità nell'approccio a realtà complesse che richiedano l'uso combinato di modelli quantitativi e logico-formali;
- capacità di svolgere compiti definiti, ad esempio come supporto tecnico per gli aspetti modellistico-matematici e computazionali ad attività dell'industria, della finanza, dei servizi e della pubblica amministrazione;
- sufficiente dimestichezza con la lingua inglese, sia nell'ambito specifico di competenza che ai fini dello scambio di informazioni generali; possesso di adeguate competenze e strumenti per la comunicazione e la gestione dell'informazione;
- capacità di lavorare in gruppo, di operare con definiti gradi di autonomia e di inserirsi prontamente negli ambienti di lavoro.

A tale scopo, il corso di laurea prevede le seguenti attività formative (in parentesi i crediti):

Elementi di meccanica newtoniana (5)

Termodinamica (5)

Algebra (5)

Geometria (15)

Analisi matematica (15)

Metodi e modelli matematici per le applicazioni (5)

Analisi numerica (15)

Ricerca operativa (10)

Matematica finanziaria (5)

Modelli matematici per i mercati finanziari (5)

Processi stocastici (5)  
 Fondamenti dell'informatica (20)  
 Teoria dei sistemi (5)  
 Il sistema informativo aziendale (5)  
 Informatica aziendale (5)  
 Statistica matematica (5)  
 Attività formative a scelta (30)  
 Inglese scientifico (5)  
 Prova finale (5)  
 Laboratorio linguistico (5)  
 Laboratorio di informatica - Attività di stage (5)

### *Corso di laurea in Fisica*

Il corso di laurea triennale in Fisica, della Classe di Scienze e tecnologie fisiche, si pone l'obiettivo di formare laureati con:

- una buona conoscenza di base dei diversi settori della fisica classica e moderna;
- una buona familiarità con il metodo scientifico d'indagine e, in particolare, con la costruzione di modelli e la loro verifica;
- capacità di comprendere ed utilizzare strumenti matematici e informatici adeguati;
- capacità di operare professionalmente in ambiti definiti di applicazione, quali il supporto scientifico alle attività industriali, mediche, ambientali, ecc., nonché le varie attività rivolte alla diffusione della cultura scientifica;
- possibilità di utilizzare una o più lingue dell'Unione Europea;
- competenza adeguata nell'uso di strumenti per la comunicazione e la gestione dell'informazione;
- capacità di lavorare in gruppo, di operare con definiti gradi di autonomia e di inserirsi prontamente negli ambienti di lavoro

A tale scopo, il corso di laurea prevede le seguenti attività formative (in parentesi la tipologia e i crediti):

Analisi matematica (20)  
 Algebra lineare (5)  
 Geometria (5)  
 Elementi di meccanica newtoniana (5)  
 Dinamica dei sistemi di particelle (5)

Termodinamica (5)  
Elettromagnetismo (10)  
Elettrodinamica e onde (5)  
Elementi di fisica moderna (5)  
Meccanica quantistica (5)  
Elementi di struttura della materia (5)  
Fisica dei nuclei e delle particelle (5)  
Metodi matematici per la fisica (10)  
Laboratorio di fisica (15)  
Laboratorio di elettromagnetismo (5)  
Laboratorio di elettronica (5)  
Laboratorio di ottica (5)  
Laboratorio (10)  
Chimica (6)  
Fondamenti dell'informatica (5)  
Mecc. analitica ed elem. di meccanica statistica (10)  
Attività formative a scelta (10)  
Inglese tecnico-scientifico (5)  
Prova finale (5)  
Reti informatiche e multimedialità (4)  
Altre attività formative (5)

### ***Corso di laurea in Fisica e informatica per le telecomunicazioni***

Il corso di laurea triennale in Fisica e informatica per le telecomunicazioni, della Classe di Scienze e tecnologie fisiche, si pone l'obiettivo di formare laureati con:

- una buona conoscenza di base dei diversi settori della fisica classica e moderna;
- una buona familiarità con il metodo scientifico d'indagine e, in particolare, con la costruzione di modelli e la loro verifica;
- capacità di comprendere ed utilizzare strumenti matematici e informatici adeguati;
- capacità di operare professionalmente in ambiti definiti di applicazione, quali il supporto scientifico alle attività industriali, mediche, ambientali, ecc., nonché le varie attività rivolte alla diffusione della cultura scientifica;
- possibilità di utilizzare una o più lingue dell'Unione Europea;
- competenza adeguata nell'uso di strumenti per la comunicazione e la

- gestione dell'informazione;
- capacità di lavorare in gruppo, di operare con definiti gradi di autonomia e di inserirsi prontamente negli ambienti di lavoro.
  - conoscenze informatiche sufficientemente approfondite da permettere l'uso di risorse informatiche in ambito professionale;
  - conoscenza degli aspetti fondamentali della codifica e l'elaborazione dell'informazione, nonché della sua trasmissione su vari mezzi fisici;
  - conoscenza dei dispositivi elettronici e ottici per le telecomunicazioni.

A tale scopo, il corso di laurea prevede le seguenti attività formative (in parentesi la tipologia e i crediti):

Analisi matematica (20)  
 Algebra lineare (5)  
 Elementi di meccanica newtoniana (5)  
 Dinamica dei sistemi di particelle (5)  
 Termodinamica (5)  
 Elettromagnetismo (10)  
 Elettrodinamica e onde (5)  
 Misure elettriche (5)  
 Elementi di fisica moderna (5)  
 Laboratorio di fisica (10)  
 Laboratorio di elettromagnetismo (5)  
 Laboratorio di elettronica (5)  
 Laboratorio di ottica (5)  
 Laboratorio di optoelettronica (10)  
 Dispositivi ottici (5)  
 Ottica fisica (5)  
 Chimica (6)  
 Fondamenti dell'informatica (10)  
 Teoria delle reti (10)  
 Sistemi di telecomunicazione (5)  
 Analisi numerica (10)  
 Attività formative a scelta (10)  
 Inglese tecnico-scientifico (5)  
 Prova finale (5)  
 Reti informatiche e multimedialità (4)  
 Altre attività formative (5)

### *Corso di laurea in Fisica del territorio e dell'ambiente*

Il corso di laurea triennale in Fisica del territorio e dell'ambiente, della Classe di Scienze e tecnologie fisiche, si pone l'obiettivo di formare laureati con:

- una buona conoscenza di base dei diversi settori della fisica classica e moderna;
- una buona familiarità con il metodo scientifico d'indagine e, in particolare, con la costruzione di modelli e la loro verifica;
- capacità di comprendere ed utilizzare strumenti matematici e informatici adeguati;
- capacità di operare professionalmente in ambiti definiti di applicazione, quali il supporto scientifico alle attività industriali, mediche, ambientali, ecc., nonché le varie attività rivolte alla diffusione della cultura scientifica;
- possibilità di utilizzare una o più lingue dell'Unione Europea;
- competenza adeguata nell'uso di strumenti per la comunicazione e la gestione dell'informazione;
- capacità di lavorare in gruppo, di operare con definiti gradi di autonomia e di inserirsi prontamente negli ambienti di lavoro;
- una buona conoscenza di chimica organica e inorganica, ecologia, scienze della terra, fisica ambientale e dell'atmosfera;
- capacità di operare con strumenti di misura e tecniche sperimentali utili alla ricerca nel settore ambientale.

A tale scopo, il corso di laurea prevede le seguenti attività formative (in parentesi la tipologia e i crediti):

Analisi matematica (20)

Algebra lineare (5)

Elementi di meccanica newtoniana (5)

Dinamica dei sistemi di particelle (5)

Termodinamica (5)

Elettromagnetismo (10)

Sensori e telerilevamento (5)

Elementi di fisica moderna (5)

Fisica dei nuclei e delle particelle (5)

Fisica ambientale (5)

Fisica dell'atmosfera (5)

Scienze della terra (5)

Laboratorio di fisica (10)  
Laboratorio di elettromagnetismo (5)  
Laboratorio di elettronica (5)  
Laboratorio di ottica (5)  
Laboratorio (10)  
Chimica (6)  
Chimica inorganica (5)  
Chimica organica (5)  
Fondamenti dell'informatica (10)  
Ecologia (5)  
Dinamica dei fluidi (5)  
Attività formative a scelta (10)  
Inglese tecnico-scientifico (5)  
Prova finale (5)  
Reti informatiche e multimedialità (4)  
Altre attività formative (5)



---

**PROGRAMMI DEI CORSI**  
**Anno Accademico 2000/2001**

**1. Algebra (I, II e III unità): Prof. MARIA CLARA TAMBURINI****I unità****A) PROGRAMMA DEL CORSO****1. Insiemi**

Relazioni d'ordine. Relazioni di equivalenza e partizioni. Insieme quoziente.

**2. I numeri interi**

L'algoritmo delle divisioni successive. Massimo comun divisore e minimo comune multiplo. Teorema fondamentale dell'aritmetica. Numeri in base  $n$ . Congruenza modulo  $n$ . Congruenze lineari. Equazioni diofantee di primo grado.

**3. Gruppi, anelli, campi.**

Assiomi e proprietà elementari. Omomorfismi e strutture quoziente. Somme dirette. Il gruppo simmetrico di grado  $n$ . L'anello degli interi e l'anello delle classi di resti modulo  $n$ . I campi razionale, reale, complesso.

**4. Anelli di polinomi.**

Polinomi a coefficienti in un campo. Divisione fra polinomi. Teorema cinese del resto. Polinomi irriducibili. Teorema di fattorizzazione unica. Radici e Teorema di Ruffini. Criteri per l'irriducibilità di un polinomio.

**B) BIBLIOGRAFIA**

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

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

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

LINDSAY CHILDS, *Algebra: un'introduzione concreta*, Ets Editrice, 1983

S. FRANCIOSI-F. DE GIOVANNI, *Esercizi di Algebra*, Aracne1, 1993

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

**II unità****A) PROGRAMMA DEL CORSO****1. Moduli su un anello.**

Assiomi e proprietà elementari. Generatori. Omomorfismi e strutture quoziente. Moduli liberi e basi. Spazi vettoriali. Rappresentazione di omomorfismi mediante matrici.

2. *Matrici su anelli commutativi.*  
L'anello delle matrici. Determinanti. Equivalenza fra matrici. Forma normale di una matrice su un dominio a ideali principali. Fattori invarianti. Rango.
3. *Struttura dei gruppi abeliani finitamente generati.*
4. *Forme canoniche delle matrici su un campo.*  
Polinomio caratteristico e polinomio minimo. Matrici companion e forma canonica razionale. Autovalori, autovettori. Forma canonica di Jordan.

## B) BIBLIOGRAFIA

- M.C. TAMBURINI, *Appunti di Algebra*, ISU, 1999  
 I.N. HERSTEIN, *Algebra*, Editori Riuniti, 1982  
 N. JACOBSON, *Basic Algebra*, Free & Company, 1989  
 S. FRANCIOSI-F. DE GIOVANNI, *Esercizi di Algebra*, Aracne, 1993  
 F. AYRES, *Theory and problems of Matrices*, Schaum's Series, McGraw-Hill, 1962

## III unità

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

1. *Approfondimenti sui gruppi.*  
Gruppi ciclici. Periodo di un elemento. Unione e intersezione di sottogruppi. Teorema di Lagrange. Sottogruppi normali e gruppi quoziente. Teorema di Cayley.
2. *Approfondimenti sugli anelli.*  
Ideali e anelli quoziente. Caratteristica di un anello. Sottocampo minimo. Campo dei quozienti.  
Divisori dello zero ed elementi unitari. Dominii di integrità. Dominii euclidei, a ideali principali, a fattorizzazione unica. Ideali primi e ideali massimali.
3. *Approfondimenti sui moduli.*  
Il teorema di struttura per un modulo finitamente generato su un dominio a ideali principali. Sue applicazioni ai gruppi abeliani e alle forme canoniche delle matrici.

## B) BIBLIOGRAFIA

- M.C. TAMBURINI, *Appunti di Algebra*, ISU, 1999  
 I.N. HERSTEIN, *Algebra*, Editori Riuniti, 1982

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

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

S. FRANCIOSI-F. DE GIOVANNI, *Esercizi di Algebra*, Aracnel, 1993

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

## **2. Algebra lineare** (1 unità): Prof.ssa ELENA ZIZIOLI

Il corso è mutuato dalla prima unità di *Geometria I*.

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

### A) *PROGRAMMA DEL CORSO*

- Introduzione alla teoria dei gruppi
- Teoremi di Sylow e loro applicazioni
- Gruppi nilpotenti e localmente nilpotenti, p-gruppi finiti
- Gruppi risolubili e sottogruppi di Hall
- Gruppi di permutazione con cenni sulla classificazione dei gruppi primitivi
- Metodi computazionali per lo studio dei gruppi finitamente presentati: il processo di enumerazione di Todd-Coxeter
- Cenni sulle rappresentazioni lineari dei gruppi finiti
- Conseguenze della classificazione dei gruppi semplici finiti e problemi aperti

### B) *BIBLIOGRAFIA*

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

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

## **4. Analisi funzionale** (un modulo): Prof. RINALDO 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.

## 5. Analisi matematica I (I, II, III unità): Prof. MARCO DEGIOVANNI

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

#### I unità

Elementi di logica. Proposizioni e connettivi. Predicati e quantificatori. Elementi essenziali di teoria degli insiemi.

Estremo superiore ed estremo inferiore. Numeri naturali, interi e razionali. Proprietà di Archimede e densità dei numeri razionali. Numeri complessi. Formula del binomio di Newton.

Limiti e continuità per funzioni reali di una variabile reale. Cenni a massimo e minimo limite. Successioni. Enunciati dei teoremi di esistenza degli zeri, della funzione inversa e di Weierstrass. Uniforme continuità. Enunciato delle principali proprietà. Serie a termini reali. Serie a termini reali positivi. Criteri del confronto, della radice, del rapporto e di condensazione. Serie assolutamente convergenti. Criterio di Leibniz. Estensioni al caso complesso.

#### II unità

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. Estensioni al caso complesso.

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. Estensioni al caso complesso.

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

### III unità

Approfondimenti sulla teoria dei limiti. Massimo e minimo limite. Successioni e sottosuccessioni. Il teorema di Bolzano-Weierstrass. Il criterio di convergenza di Cauchy per le successioni e per le serie. Il prodotto secondo Cauchy di due serie. I teoremi di esistenza degli zeri, della funzione inversa e di Weierstrass.

Funzione esponenziale in ambito complesso. Funzioni circolari. Logaritmi ed esponenziali con base arbitraria. Funzioni circolari inverse. Il teorema fondamentale dell'algebra. Approfondimenti sulle equazioni differenziali lineari. La teoria degli insiemi di Zermelo-Fraenkel. La costruzione dell'insieme dei numeri reali. L'insieme dei numeri naturali. Il teorema di ricorsione.

### 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. CITRINI, *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.

## 6. 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. SALSÀ, *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.

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

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

#### *Finalità del corso*

Si intende fornire le nozioni fondamentali dell'analisi numerica, affrontando dal punto di vista numerico problemi tipo: soluzione di equazioni nonlineari, sistemi lineari, approssimazione di funzioni di una variabile, calcolo di integrali definiti, problema di Cauchy.

- Teoria degli errori: Errore assoluto/relativo, condizionamento di problemi matematici, propagazione dell'errore, rappresentazione floating point, stabilità di algoritmi.
- Sistemi lineari: Sistemi triangolari, eliminazione di Gauss, strategie pivotali, fattorizzazione LU, fattorizzazione di Choleski, metodi iterativi di Jacobi, Gauss-Seidel, SOR, metodo delle correzioni residue, test di arresto.
- Equazioni nonlineari: Metodi di bisezione, regola falsi, corde, secanti, Newton, ordine di convergenza, test di arresto. Forma di Horner per polinomi. Successione di Sturm per le equazioni algebriche.
- Approssimazione di funzioni: Interpolazione di Lagrange e di Lagrange composita, differenze divise e interpolazione in forma di Newton, nodi di Chebyshev, formula dell'errore. Metodo dei minimi quadrati nel discreto e nel continuo. Cenni al problema dell'ottima approssimazione.
- Integrazione numerica: Formule di quadratura di Newton-Cotes (semplici e composite), analisi dell'errore.
- Equazioni differenziali ordinarie: Cenni su alcune tecniche di approssimazione per il problema di Cauchy.

### B) BIBLIOGRAFIA

V. COMINCIOLI, *Analisi Numerica, Metodi Modelli Applicazioni*, McGraw Hill Libri Italia, Milano 1990

A. QUARTERONI, *Elementi di Calcolo Numerico*, Progetto Leonardo, Bologna 1994

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

**8. Analisi numerica (II modulo): Prof. FRANCO PASQUARELLI****A) PROGRAMMA DEL CORSO***Finalità del corso*

Vengono approfonditi gli argomenti del primo modulo relativamente alla risoluzione numerica di sistemi lineari, equazioni nonlineari, approssimazione di funzioni di una variabile, calcolo di integrali definiti, problema di Cauchy. Si affronta il problema del calcolo numerico degli autovalori di matrici.

- Sistemi lineari: Metodo di Gauss-Jacobi, inversione di matrici, analisi della stabilità dell'eliminazione di Gauss. Approfondimenti sui sistemi iterativi classici. Metodo del gradiente e del gradiente coniugato; tecniche di preconditionamento.
- Equazioni nonlineari: Iterazioni di punto fisso; metodi di Muller e Bairstow; accelerazione di Aitken; cenni ai sistemi di equazioni nonlineari.
- Approssimazione di funzioni: Interpolazione di Hermite; spline cubiche; sistemi sovradeterminati; polinomi ortogonali di Chebyshev, Legendre e Laguerre; approfondimenti sul problema dell'ottima approssimazione.
- Integrazione numerica: Tecniche adattive; formule di Gauss e Gauss Lobatto; tecniche di estrapolazione (Richardson e Romberg).
- Equazioni differenziali ordinarie: Metodi Runge-Kutta; metodi multipasso e predictor/corrector; analisi della convergenza e stabilità.
- Autovalori e autovettori di matrici: Richiami di teoria; trasformazioni di similitudine elementari; localizzazione degli autovalori; metodo delle potenze e sue varianti; metodi basati sulle trasformazioni di similitudine; Metodo QR.

**B) BIBLIOGRAFIA**

V. COMINCIOLI, *Analisi Numerica, Metodi Modelli Applicazioni*, McGraw Hill Libri Italia, Milano 1990

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

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

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

**9. Analisi superiore (I e II modulo): Prof. ROBERTO LUCCHETTI****A) PROGRAMMA DEL CORSO**

Il corso si concentra su problemi di ottimizzazione in ambito convesso, spe-

cialmente 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 convessa: 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 di minimo.

Relazioni fra stabilità e buona posizione.

## B) BIBLIOGRAFIA

Saranno in distribuzione di volta in volta dispense sulle lezioni svolte

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

## 10. Astrofisica (un modulo): Prof. GIANCARLO CAVALLERI

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

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

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.

## 11. **Biologia molecolare** (un modulo): Prof. GIANLUCA DE BELLIS

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

#### *Fondamenti di biologia cellulare*

La cellula, il ciclo cellulare

#### *Fondamenti di biochimica degli acidi nucleici e delle proteine*

DNA, RNA, proteine (struttura e funzione)

#### *Fondamenti di biologia molecolare*

Gene, codice genetico, genoma, espressione genica, regolazione genica, sintesi proteica

Ereditarietà e variazione, mutazione, malattie genetiche mono e multifattoriali

#### *Metodi di studio del genoma e del proteoma*

Analisi genomica: mappaggio, sequenziamento, tecniche relative e strumentazione

Analisi di espressione, Tecniche classiche, cDNA Microarray  
Analisi funzionale in vivo e in vitro  
Analisi proteica: sistemi separativi e spettrometria di massa  
Bioinformatica  
Applicazione industriale delle tecniche di analisi genomica

## B) BIBLIOGRAFIA

Materiale bibliografico e documentazione saranno forniti dal docente

N.B. - Il Prof. Gianluca De Bellis riceve gli studenti secondo avviso esposto all'albo.

## 12. Chimica (1 unità): Prof.ssa LAURA DEPERO

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

#### *Concetti di base*

(Capitoli 1-3)

Elementi e composti. Simboli atomici. Numero atomico e di massa. Ioni e ioni poliatomici. La tavola periodica.

La mole. Determinare la formula di un composto. Analisi elementare. Soluto, solvente e soluzione. Concentrazione di una soluzione, la molarità. Reazioni chimiche e legge di conservazione degli atomi. Bilanciamento di equazioni chimiche. Stechiometria.

Struttura dell'atomo. Configurazione elettronica e tavola periodica. Raggi atomici. Energia di prima e seconda ionizzazione.

#### *Il legame covalente*

(Capitolo 4)

Elettroni di valenza. Legame covalente. Strutture di Lewis. Lunghezza di legame. Ibridi di risonanza. Elettronegatività. Carica parziale e carica formale. La forma delle molecole. Legami polari e molecole polari.

#### *Legami metallici e ionici*

(Capitolo 5)

Metalli e non metalli e loro ioni. Ossidi perossi e superossidi. Il legame ionico. Strutture dei composti ionici. Legame metallico. Relazione fra legame ionico, covalente e metallico. Numeri di ossidazione. Reazioni di ossidoriduzione. Nomenclatura.

*I gas*

(Capitolo 6)

Temperatura. Stati della materia. Elementi e composti gassosi a temperatura ambiente. Proprietà dei gas. Equazione dei gas ideali. Legge di Dalton. Teoria cinetica dei gas. Legge di effusione e diffusione dei gas. Deviazione dal comportamento ideale e fattore di compressione.

*Termochimica*

(Capitolo 7)

Energia e calore. Prima legge della termodinamica e entalpia. Entalpia di reazione e entalpia di formazione. Calcolo dell'entalpia di reazione. Energia di legame e entalpia di combinazione atomica.

*Liquidi e soluzioni*

(Capitolo 8)

Struttura di gas, liquidi e solidi. Forze intermolecolari. Pressione di vapore di un liquido. Temperatura di fusione e di ebollizione. Calore specifico. Legame a idrogeno e proprietà anomale dell'acqua. Soluzioni. Perché alcuni solidi si sciolgono in acqua. Equilibri di solubilità. Regole di solubilità. Molecole idrofiliche e idrofobiche. Saponi e detersivi. Proprietà colligative.

*Solidi*

(Capitolo 9)

Solidi molecolari, covalenti, ionici e metallici. Proprietà fisiche determinate dalla struttura dei metalli.

*Introduzione alla cinetica e all'equilibrio*

(Capitolo 10)

L'equilibrio. Reazioni in fase gas. La velocità di una reazione chimica. La costante di equilibrio. Quoziente di reazione. Effetto della temperatura sull'equilibrio. Il Principio di Le Chatelier. Reazioni di equilibrio che coinvolgono liquidi e sostanze pure.

*Acidi e basi*

(Capitolo 11)

Proprietà di acidi e basi. Definizione di Arrhenius e di Bronsted-Lowry. Acidi e basi coniugate. pH. Acidi e basi forti e deboli. Relazione fra struttura e forza dell'acido e della base. Calcolo del pH di soluzioni di acidi e basi. Soluzioni tampone e curve di titolazione.

*Reazioni di ossidoriduzione*

(Capitolo 12)

Comuni reazioni di ossidoriduzione. Come riconoscere una reazione di ossidoriduzione. Agenti ossidanti e riducenti. Celle voltaiche. Potenziali standard di riduzione.

*Cenni di chimica nucleare*

(Capitolo 14)

Relazione fra massa ed energia nei nuclei. Processi di decadimento nucleare. Cinetica e decadimento radioattivo. Radiazioni in biologia e medicina. Fissione e fusione nucleare.

**B) BIBLIOGRAFIA**

J.N. SPENCER-G.M. BODNER-L.H. RICKARD, *Chemistry Structure and Dynamics*, J.Wiley & Sons, Inc. 1999

N.B. - La Prof.ssa Laura Depero riceve gli studenti previo appuntamento telefonico (030.3715472, oppure 030.3715406)

**13. Chimica generale ed inorganica: Prof. LIDIA ARMELAO****A) PROGRAMMA DEL CORSO***La struttura atomica*

La quantizzazione, l'equazione di Schrödinger, atomi idrogenoidi, numeri quantici, orbitali s, p, d, f, configurazione elettronica (Aufbau), principio di Pauli, regola di Hund, energia di ionizzazione, affinità elettronica, elettronegatività, tavola periodica e proprietà periodiche degli elementi.

*Il legame chimico*

Legame ionico, legame covalente, teoria del legame di valenza, formule di risonanza, ibridazione, teoria della repulsione delle coppie elettroniche del guscio di valenza (VSEPR), teoria degli orbitali molecolari, molecole biatomiche omonucleari (H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> ...) ed eteronucleari (CO, NO ...), molecole poliatomiche (NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> .....), acidi e basi secondo Lewis, metalli, semiconduttori ed isolanti, cenni sulla teoria delle bande.

*La materia*

Stati di aggregazione, elementi e composti, solidi covalenti, solidi cristallini, solidi ionici, entalpia reticolare, ciclo di Born-Haber, costante di Madelung, solidi molecolari, forze di van der Waals, legame a idrogeno, liquidi, proprietà dei liquidi, gas, formule, nomenclatura chimica, mole e molarità, nor-

malità, legge della conservazione della materia, legge delle proporzioni definite, legge della composizione costante, agente limitante, resa teorica e resa percentuale, numero di ossidazione, tipi di reazioni chimiche.

### *La Termodinamica Chimica*

Gas ideali e reali, primo principio della termodinamica, entalpia, processi endotermici ed esotermici, la termochimica, capacità termica, dipendenza dell'entalpia dalla temperatura, energie di legame, entropia, secondo principio della termodinamica, energia libera di Gibbs, equilibrio dinamico nelle reazioni chimiche, costante di equilibrio, equazione di van't Hoff.

### *L'equilibrio chimico*

Reazioni allo stato gassoso, Principio di Le Chatelier, calcolo della costante di equilibrio, autoprotolisi dell'acqua, il pH, forza degli acidi e delle basi, reazioni acido-base, acidi poliprotici, titolazioni acido-base, effetto tampone, indicatori acido-base, equilibri eterogenei, sali poco solubili, reazioni di precipitazione, prodotto di solubilità, equilibri simultanei.

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

Equazione di Clapeyron, diagrammi di stato di sostanze pure ( $H_2O$ ,  $CO_2$ , S), proprietà delle soluzioni, soluzioni ideali, legge di Raoult, legge di Henry, soluzioni ideali di soluti non volatili, proprietà colligative, diagrammi di stato di sistemi a due componenti, regola delle fasi, regola della leva, miscele di liquidi volatili, azeotropi, miscele di liquidi parzialmente miscibili.

### *Elettrochimica*

Reazioni di ossido-riduzione, equazione di Nernst, potenziali di riduzione standard, tipi di elettrodi, esempi di celle di impiego pratico, pila Daniell, pile a concentrazione, fenomeni di corrosione e passivazione, elettrolisi, leggi di Faraday, sovratensione.

### *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.

### *Elementi di Chimica Inorganica*

Chimica, stereochimica e reattività delle principali classi di composti inorganici degli elementi tipici e di transizione. Composti di coordinazione e metalorganici.

**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 Lidia Armelao riceve gli studenti previo appuntamento telefonico (049/8275236).

**14. Chimica-fisica (I e II modulo): Prof.ssa LAURA DEPERO****I modulo****A) PROGRAMMA DEL CORSO**

*Fondamenti di termodinamica chimica.*

(Capitoli 6-12)

Le equazioni fondamentali dei sistemi chiusi. Condizioni di spontaneità e di equilibrio.

Le equazioni fondamentali dei sistemi aperti. Le miscele ideali e non. Il potenziale chimico e le grandezze di miscelamento, fugacità e l'attività. Diagrammi di stato.

Reazioni chimiche: le costanti di equilibrio, le grandezze standard di reazione. Termochimica.

Conducibilità delle soluzioni elettrolitiche. Celle di conducibilità. La conducibilità equivalente e conducibilità limite. Analisi conduttometriche. Termodinamica elettrochimica.

*La cinetica chimica*

(Capitolo 28)

La velocità di reazione. I parametri delle equazioni cinetiche. Reazioni di ordine primo e secondo. Equazioni cinetiche integrate. Equazione di Arrhenius. Energia di attivazione. I catalizzatori. Catalisi omogenea ed eterogenea. Le tecniche sperimentali: metodo differenziale; metodi grafici; il metodo dell'isolamento; metodi di interpolazione. Esempi.

*Termodinamica statistica*

(Capitoli 21-22)

Configurazioni. Funzioni peso e di peso massimo. Distribuzione di Boltzmann. Energia interna e funzione di partizione. Entropia. Sistemi di particelle interagenti. Insiemi canonici. Funzioni di partizione canonica. Relazioni fra funzioni di stato della termodinamica classica e quelle della termodina-

mica statistica. Contributi traslazionali, vibrazionali, rotazionali ed elettronici. Energie medie per i diversi modi di moto. Capacità termica. Teorema di equipartizione dell'energia.

### *Struttura molecolare*

(Capitolo 16)

Approssimazione di Born-Oppenheimer. Teoria del legame di valenza. Molecola di idrogeno; molecole biatomiche. Orbitali ibridi e molecole poliatomiche. Teoria dell'orbitale molecolare. Principio variazionale. Molecole coniugate.

## B) BIBLIOGRAFIA

P.W. ATKINS, *Physical Chemistry*, Oxford Press

## II modulo

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

#### *Diffusione e trasporto*

(Capitolo 27)

Mobilità degli ioni, conducibilità e interazioni ione-ione. Le equazioni di diffusione. Proprietà delle soluzioni. Diffusione con convezione.

#### *Cinetica delle reazioni complesse e dinamica delle reazioni*

(Capitoli 29-30)

Reazioni a catena: meccanismi, polimerizzazioni, esplosioni. Reazioni fotochimiche: efficienza quantistica, separazione isotopica, fotosensibilizzazione. Reazioni biologiche. Catalisi enzimatica. Inibitori: inibizione competitiva e non competitiva. Autocatalisi, reazioni oscillanti, bistabilità. Reazioni veloci: flash fotolisi, metodi di flusso e di rilassamento.

Reazioni controllate dalla diffusione. Teoria del complesso attivato. La dinamica delle collisioni molecolari.

#### *Simmetria e spettroscopia:*

(Capitoli 17-20)

Elementi di simmetria. Gruppi, rappresentazioni e caratteri. Uso della tavola dei caratteri. Spettroscopia vibrazionale, elettronica e tecniche di risonanza.

#### *Cenni alla chimica fisica delle atmosfere:*

(appunti)

Introduzione, la stratosfera, perturbazioni dell'ozono nella stratosfera, la troposfera, l'inquinamento e le piogge acide.

## B) BIBLIOGRAFIA

P.W. ATKINS, *Physical Chemistry*, Oxford Press

N.B. - La Prof.ssa Laura Depero riceve gli studenti previo appuntamento telefonico (030.3715472, oppure 030.3715406)

### **15. Dinamica dei sistemi di particelle** (1 unità): Prof. MASSIMO SANCROTTI

Il corso è mutuato dalla seconda unità di *Fisica generale I*.

### **16. Elementi di informatica** (2 unità): Prof.ssa GIOVANNA GAZZANIGA

#### A) PROGRAMMA DEL CORSO

##### **I unità**

Rappresentazione ed analisi di algoritmi

Principi di funzionamento di un elaboratore elettronico, con particolare riferimento ad un personal computer

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

Automi e grammatiche

Elementi di calcolabilità

##### **II unità**

Problemi di complessità computazionale

Strutture astratte di dati e loro memorizzazione

Confronto tra diversi paradigmi di programmazione

Cenni alle Basi di Dati

Analisi del ciclo di vita di un programma

Il software di sistema

Cenno ai sistemi operativi

## B) BIBLIOGRAFIA

C. BATINI-L. CARLUCCI AJELLO-M. LENZERINI-A. MARCHETTI SPACCAMELA-A. MIOLA, *Fondamenti di programmazione dei calcolatori elettronici*, Franco Angeli, Milano 1991

BELLINI-GUIDI, *Guida al linguaggio C*, McGraw-Hill, 1995

KELLEY-POHL, *C – Didattica e Programmazione*, Addison-Wesley, 1996

M. ITALIANI-G. SERAZZI, *Elementi di Informatica*, ETAS Libri, 1993

**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 unità consta di una prova scritta e di una 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 unità 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. Elementi di meccanica newtoniana (1 unità): Prof. MASSIMO SANCROTTI**

Il corso è mutuato dalla prima unità di *Fisica generale I*.

**18. Esperimentazioni di fisica I: Prof. GIANLUCA GALIMBERTI****A) PROGRAMMA DEL CORSO***Laboratorio di fisica (1):*

Presentazione del problema della misurazione in fisica.

Caratteristiche generali degli strumenti di misura.

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

Come rappresentare ed utilizzare gli errori, tecniche di base per la presentazione dei dati sperimentali.

Introduzione alla teoria di propagazione degli errori.

Errori relativi. Media e deviazione standard. Deviazione standard come l'incertezza in una singola misura. La deviazione standard della media.

Esperimenti di meccanica in laboratorio con l'uso di strumenti informatici; in particolare: leggi di conservazione.

*Laboratorio di fisica (2):*

Istogrammi e distribuzioni.

Elementi di teoria delle probabilità e distribuzioni di variabile aleatoria.

Distribuzione normale.

Giustificazione della media come miglior stima.

Deviazione standard della distribuzione normale.

Deviazione standard come limite di confidenza.

Intervallo di confidenza.

Il problema di combinare misure separate. La media pesata.

Estensione della teoria di propagazione degli errori.

Covarianza e correlazione; regressione lineare.

Metodo dei minimi quadrati, in particolare per una retta.

Laboratorio: esperimenti di meccanica e termodinamica, con l'uso di strumenti informatici. In particolare: moti oscillatori e calorimetria.

*Laboratorio di fisica (3):*

Distribuzione binomiale e distribuzione di Poisson.

Il test del  $\chi^2$  per una distribuzione.

Probabilità per il  $\chi^2$ .

Rigetto dei dati: criterio di Chauvenet.

Laboratorio: esperimenti di meccanica e termodinamica, con l'uso di strumenti informatici.

In particolare: dinamica del corpo rigido e leggi dei gas.

## B) BIBLIOGRAFIA

J.R. TAYLOR, *Introduzione all'analisi degli errori. Lo studio delle incertezze nelle misure fisiche*, ed. Zanichelli, Bologna 1986

N.B. - Il Prof. Gianluca Galimberti riceve gli studenti

## 19. Esperimentazioni di fisica II: Prof.ssa LUCIA H. DE SALVO SOUZA

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

- Bilancia di Coulomb: misura della costante universale di Coulomb.
- Bilancia elettrodinamica: valutazione dell'interazione fra energia elettrica e campi magnetici.
- Studio con l'oscilloscopio dei circuiti fondamentali RC, RL e RCL (in corrente continua ed alternata).
- Esperimento di Millikan: misure della carica dell'elettrone.
- Esperimento di Thomson: misura del rapporto elettrone/massa.
- Ottica fisica: studio delle figure di interferenza e diffrazione generate dall'interazione di un fascio di luce coerente (laser) con fenditure singole e doppie (raccolta ed analisi dei dati con sensori e calcolatore).
- Studio dei fenomeni elettrostatici.
- Principi di base della spettrometria: misura ed analisi di spettri di emissione di luce visibile (raccolta ed analisi dei dati con sensori e calcolatore).
- Studio dell'induzione elettromagnetica.

**B) BIBLIOGRAFIA**

L. DE SALVO, *Appunti del corso di Esperimentazioni di Fisica II*

Un testo (secondo gusto) di Fisica generale II.

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

N.B. - La Prof.ssa Lucia De Salvo riceve gli studenti in laboratorio prima delle lezioni.

**20. Esperimentazioni di fisica III (I e II modulo): 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 elissometro

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 come da avviso esposto all'albo.

**21. Fisica dei biosistemi (I modulo): Prof. MARIO COMPIANI**

Il programma e la bibliografia saranno comunicati successivamente.

**22. Fisica dell'ambiente (I e II modulo): Prof. ANTONIO BALLARIN DENTI**

**A) PROGRAMMA DEL CORSO**

*Fonti e sistemi energetici*

Energia da combustibili fossili: macchine termiche, macchine a combustione interna. Inquinamento da macchine a combustione interna.

Produzione di elettricità. Conversione e trasporto di energia.

La refrigerazione, le pompe di calore.

Fonti energetiche rinnovabili: energia solare termica e fotovoltaica, energia eolica, energia idrica.

L'energia da biomasse e da rifiuti.

Le celle a combustibile.

L'energia nucleare da fissione e da fusione.

*Origine, trasformazione e trasporto di inquinanti*

Proprietà fisico-chimiche e biologiche degli inquinanti: gas, aerosol, compo-

sti inorganici e metalli pesanti, composti organici e POPs, biocidi e fitofarmaci.

Diffusione e trasporto di inquinanti in atmosfera.

Trasporto nelle acque superficiali e sotterranee.

Plumes gaussiani. Proprietà fisico-chimiche del particolato.

#### *La radioattività e la radioprotezione*

Effetti biologici delle radiazioni

Misure di radioattività ambientale

Radioisotopi di uso medico e industriale

Decontaminazione di suoli ed edifici

Le scorie da processi di fissione nucleare.

#### *I campi elettromagnetici*

Campi elettromagnetici ad alta e bassa frequenza: sorgenti, misure, effetti biologici, protezione e normative.

#### *Il rumore*

Richiami di acustica, velocità del suono, scala decibel

Impedenza, intensità potenza acustica

Percezione umana e criteri di rumore

Mitigazione e isolamento

Controllo attivo del suono

#### *Spettroscopia e misure ambientali*

Richiami di spettroscopia: spettri atomici e molecolari, scattering di Raman e Rayleigh, trasformate di Fourier.

Spettroscopia a emissione di raggi X

Spettroscopia di fluorescenza (LIFIS)

Spettroscopia NMR

Telespettroscopia, LIDAR, DOAS, SODAR, determinazione dello spessore ottico.

#### *La cultura scientifica del fisico di fronte ai problemi ambientali*

I cambiamenti climatici e l'effetto serra

La distruzione dell'ozono stratosferico

L'inquinamento transfrontaliero e le deposizioni acide ed eutrofizzanti

L'inquinamento atmosferico in ambiente urbano e rurale

Qualità e disponibilità delle acque

Il degrado fisico del suolo

Tecnologie ed impianti di gestione dei rifiuti urbani e industriali.

I rischi tecnologici e naturali

Indicatori fisici di sostenibilità ambientale

*Scienza, società e ambiente*

Le istituzioni di controllo ambientale

Gli accordi internazionali

I programmi di ricerca e monitoraggio internazionali

Le normative comunitarie

Le normative nazionali

Competenze regionali e locali

La struttura dell'ANPA e delle ARPE

Spunti di etica ambientale

## B) BIBLIOGRAFIA

E. BOEKER - R. VAN GRONDELLE, *Environmental Physics*, John Wiley & Sons, 1995

EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY, *Environment in the European Union at the turn of the century*, EEA, Copenhagen, 1999

N.B. - Il Prof. Antonio Ballarin Denti riceve gli studenti come da avviso esposto all'albo.

## 23. Fisica dell'atmosfera (un modulo): Prof. MAURIZIO MAUGERI

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

L'atmosfera terrestre: caratteristiche generali, composizione, struttura verticale, evoluzione ed interazione con gli altri comparti del sistema climatico. Analogie e differenze tra l'atmosfera terrestre e le atmosfere degli altri pianeti del sistema solare.

Interazione dell'atmosfera e degli altri comparti del sistema climatico con la radiazione solare. Emissione ed assorbimento di radiazione ad onda lunga da parte della superficie terrestre e dell'atmosfera. Bilanci radiativi e bilanci energetici; bilanci per fasce latitudinali e relativo ruolo della circolazione atmosferica ed oceanica a grande scala.

Termodinamica dell'atmosfera: variazione della pressione con la quota e densità dell'aria. Il vapore acqueo in atmosfera. Equazione di stato per l'aria secca e sua correzione per l'aria umida. Il primo principio della termodinamica applicato all'atmosfera; trasformazioni adiabatiche per aria secca ed umida. Gradiente termico e relativa influenza sui moti convettivi.

Forze che agiscono sull'atmosfera e leggi fondamentali di conservazione. Cenno all'utilizzo dei modelli di circolazione generale per la previsione delle condizioni meteorologiche.

Fattori naturali ed antropici responsabili della variabilità e dei cambiamenti climatici. Possibile ruolo dei gas serra nel riscaldamento del XX secolo.

Metodi per la ricostruzione del clima del passato e discussione critica dell'analisi di serie storiche strumentali. Problemi connessi con l'omogeneità e l'affidabilità delle serie storiche e tecniche utilizzate per individuare e valutare la significatività di eventuali trend. Principali segnali evidenziati a scala planetaria, emisferica, europea ed italiana.

## B) BIBLIOGRAFIA

### *Testi consigliati*

J.M WALLACE- P.V. HOBBS, *Atmospheric Sciences - an introductory survey*, Academic Press, 1977  
D.L. HARTMANN, *Global Physical Climatology*, Academic Press, 1994

N.B. - Il Prof. Maurizio Maugeri riceve gli studenti come da avviso esposto all'albo.

## **24. Fisica delle superfici (I e II modulo): Prof. MASSIMO SANCROTTI**

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

#### *I Modulo*

Motivazioni di base in Fisica delle Superfici e delle Nanostrutture.  
Metodi di preparazione di superfici, adsorbati, interfacce, nanostrutture.  
Morfologia e struttura di superfici, adsorbati ed interfacce.  
Termodinamica delle superfici e delle interfacce.  
Elementi di base di adsorbimento su superfici.  
Elementi di base su interazione radiazione-materia in fisica delle superfici.

#### *II Modulo*

Eccitazioni vibrazionali ed elettroniche in fisica delle superfici.  
Elementi di magnetismo di superfici, interfacce e nanostrutture.  
Metodi sperimentali in Fisica delle Superfici e delle Nanostrutture.  
Seminari su alcuni casi scientifici di speciale rilevanza.

## B) BIBLIOGRAFIA

A. ZANGWILL, *Physics at surfaces*, Cambridge University Press  
H. LÜTH, *Surfaces and Interfaces of Solid Materials*, Springer  
M-C. DESJONQUÈRES AND D. SPANJAARD, *Concepts in surface physics*, Springer,

D. P. WOODRUFF AND T. A. DELCHAR, *Modern Techniques of Surface Science*, Cambridge University Press

J. A. VENABLES, *Introduction to Surface and Thin Film Processes*, Cambridge University Press

ARTHUR A. ADAMSON, *Physical chemistry of surfaces*, Wiley

SURFACE SCIENCE, *The First Thirty Years*, Ed. by C. B. Duke, Elsevier

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

## **25. Fisica dello stato solido (I modulo): Prof. MARCO FINAZZI**

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

#### **1. Le strutture cristalline**

- 1.1. Operazioni di simmetria nei cristalli
- 1.2. Reticoli di Bravais e vettori primitivi
- 1.3. Esempi di strutture cristalline
- 1.4. Il reticolo reciproco
- 1.5. Piani reticolari e loro indici
- 1.6. Zone di Brillouin

#### **2. La diffrazione nei cristalli**

- 2.1. Leggi di von Laue e di Bragg
- 2.2. Fattori di struttura
- 2.3. Fattori atomici di diffusione
- 2.4. Fattore di Debye-Waller
- 2.5. Esempi: diffrazione di raggi-X, neutroni, elettroni.

#### **3. Proprietà generali degli stati elettronici in un cristallo**

- 3.1. Approssimazione di Born-Oppenheimer
- 3.2. Simmetrie spaziali ed autostati dell'hamiltoniana
- 3.3. Teorema di Bloch
- 3.4. Bande di energia
- 3.5. Momento cristallino
- 3.6. Simmetria delle bande e loro degenerazioni
- 3.7. Singolarità di van Hove
- 3.8. Occupazione delle bande, densità di livelli
- 3.9. Distinzione fra metalli ed isolanti; superficie di Fermi

#### **4. Struttura delle bande elettroniche**

- 4.1. Approssimazione ad elettroni indipendenti

- 4.2. Elettroni quasi liberi
  - 4.2.1. Teoria delle perturbazioni e potenziali periodici deboli
  - 4.2.2. Livelli di energia in prossimità di un piano di Bragg
  - 4.2.3. Onde piane ortogonalizzate
  - 4.2.4. Teoria dello pseudopotenziale
- 4.3. Elettroni fortemente legati
  - 4.3.1. Cristalli ionici
  - 4.3.2. Il metodo della combinazione lineare di orbitali atomici
- 4.4. Altri metodi per il calcolo delle bande
  - 4.4.1. Potenziali Muffin-tin
  - 4.4.2. Il metodo Augmented Plane Wave
  - 4.4.3. Funzioni di Green
- 4.5. Effetti relativistici e separazioni spin-orbita
- 4.6. Esempi
  - 4.6.1. Metalli alcalini
  - 4.6.2. Metalli nobili
  - 4.6.3. Metalli divalenti e trivalenti
  - 4.6.4. Semimetalli
  - 4.6.5. Metalli di transizione
  - 4.6.6. Terre rare
  - 4.6.7. Leghe
  - 4.6.8. Semiconduttori
- 5. Correlazioni elettroniche
  - 5.1. Equazione di Hartree-Fock
  - 5.2. Screening
  - 5.3. Liquidi di Fermi
- 6. Vibrazioni reticolari
  - 6.1. Onde reticolari
  - 6.2. Modello armonico unidimensionale
  - 6.3. Modello armonico tridimensionale
  - 6.4. Curve di dispersione
  - 6.5. I modi normali
  - 6.6. I fononi
  - 6.7. Calore specifico vibrazionale
  - 6.8. Effetti anarmonici
- 7. Metodi sperimentali di osservazione delle onde vibrazionali nei solidi
  - 7.1. Propagazione del suono

- 7.2. Assorbimento infrarosso
- 7.3. Diffusione delle onde elettromagnetiche
- 7.4. Diffusione dei neutroni
- 7.5. Diffusione dei raggi X

## B) BIBLIOGRAFIA

Testi Consigliati:

N.W. ASHCROFT, N.D. *Mermin Solid State Physics*, Holt Saunders International Editions

F. BASSANI-U.M. GRASSANO, *Fisica dello Stato Solido*, Bollati Boringhieri

G. GROSSO-G. PASTORI PARRAVICINI, *Solid State Physics*, Academic Press

C. KITTEL, *Introduzione alla Fisica dello Stato Solido*, Bollati Boringhieri

N.B. - Il Prof. Marco Finazzi riceve gli studenti come da avviso esposto all'albo.

## 26. Fisica dello stato solido (II modulo): Prof. GIORGIO PAOLUCCI

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

#### 8. Proprietà di trasporto

- 8.1. Equazione di Boltzmann
- 8.2. Conducibilità elettrica
- 8.3. Conducibilità termica elettronica
- 8.4. Effetti termoelettrici
- 8.5. Conducibilità termica vibrazionale

#### 9. Semiconduttori

- 9.1. Generalità
- 9.2. Statistica dei portatori
- 9.3. Impurezze
- 9.4. Effetto Hall
- 9.5. Dispositivi a semiconduttore

#### 10. Proprietà dielettriche e ottiche

- 10.1. Teoria macroscopica
- 10.2. Teoria del campo locale
- 10.3. Costante dielettrica
- 10.4. Relazione di Lyddane-Sachs-Teller
- 10.5. Relazioni di Kramers-Kronig
- 10.6. Modello di Drude-Lorentz e proprietà ottiche dei metalli
- 10.7. Regole di somma
- 10.8. Transizioni interbanda

- 10.9. Eccitoni
- 10.10. Polaritoni
- 10.11. Transizioni a più fotoni e proprietà ottiche non lineari
- 11. Proprietà magnetiche
  - 11.1. Suscettività magnetica
  - 11.2. Momenti magnetici elementari
  - 11.3. Diamagnetismo di Larmor
  - 11.4. Regole di Hund
  - 11.5. Paramagnetismo - Legge di Curie
  - 11.6. Interazione elettrone-elettrone e struttura magnetica
    - 11.6.1. Origine elettrostatica delle interazioni magnetiche
    - 11.6.2. Proprietà magnetiche di un sistema a due elettroni e limite dell'approssimazione ad elettroni indipendenti
    - 11.6.3. Interazione di scambio
    - 11.6.4. Modello di Hubbard
  - 11.7. Ordine magnetico
- 12. Difetti
  - Superfici
  - Difetti puntiforme
  - Centri di colore
- 13. Superconduttività
  - Proprietà magnetiche
  - Teoria fenomenologica
  - Teoria microscopica B.C.S.

## B) BIBLIOGRAFIA

- N.W. ASHCROFT, *N.D. Mermin Solid State Physics*, Holt Saunders International Editions  
 F. BASSANI-U.M. GRASSANO, *Fisica dello Stato Solido*, Bollati Boringhieri  
 G. GROSSO-G. PASTORI PARRAVICINI, *Solid State Physics*, Academic Press  
 C. KITTEL, *Introduzione alla Fisica dello Stato Solido*, Bollati Boringhieri
- N.B. - Il Prof. Giorgio Paolucci riceve gli studenti come da avviso esposto all'albo.

**27. Fisica generale I (I, II, III unità): Prof. MASSIMO SANCROTTI****A) PROGRAMMA DEL CORSO****I unità***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.

## II unità

### 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.

## III unità

### 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. MENCUCCHINI-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. I-1 & I-2, Inter European Editions, Amsterdam

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

## **28. Fisica generale II: Prof. FAUSTO BORGONVI**

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

- 1. Analisi Vettoriale* Operazioni con i vettori - Gradiente - Divergenza - Rotore - Laplaciano - Tensore di Ricci - Teoremi fondamentali del gradiente, della divergenza e del rotore - Distribuzione delta di Dirac.
- 2. Elettrostatica nel vuoto* Il problema generale dell'elettrostatica - Le linee del campo elettrico - Il flusso - Il teorema di Gauss - Il potenziale elettrostatico - Equazioni di Laplace e di Poisson - Condizioni al contorno per il campo ed il potenziale elettrostatici - Energia potenziale di un sistema di N cariche puntiformi e di una distribuzione di carica - Conduttori - Induzione elettrostatica - Teorema di Coulomb - Teorema della media - Problema di Neumann e di Dirichlet - Metodo delle cariche immagine - Pressione elettrostatica - Condensatori - Coefficienti di capacità e di induzione - Energia di un sistema di conduttori - Forza su un conduttore.
- 3. Elettrostatica nei mezzi materiali* Potenziale di un dipolo - Sviluppo in multipoli - Momento di dipolo e di quadrupolo - Forza e coppia su di un dipolo in un campo elettrico - Polarizzazione per orientamento e deformazione - Campo elettrico generato da un materiale polarizzato - Cariche di polarizzazione - Teorema di Gauss nei dielettrici - Il vettore spostamento elettrico - Dielettrici lineari - Polarizzazione - Energia - Equazione di Clausius-Mossotti - Equazione di Langevin.
- 4. Magnetostatica nel vuoto* Forza di Lorentz - Forza tra due fili percorsi da corrente - Legge di Biot-Savart - Legge della circuitazione di Ampere -

Divergenze e rotore di  $B$  - Potenziale vettore magnetico - Condizioni al contorno per il potenziale magnetico vettore ed il campo magnetico.

5. *Magnetostatica nei mezzi materiali* Sviluppo in multipoli - Momento magnetico - Campo magnetico generato da una piccola spira - Coppia e forza su un dipolo magnetico - Energia di un dipolo - Precessione di un corpo carico in un campo magnetico - Paramagnetismo - Diamagnetismo - Correnti di magnetizzazione - Il vettore  $H$  - Condizioni al contorno per  $B$  e  $H$  in presenza di mezzi materiali - Suscettività magnetica - Permeabilità magnetica - Mezzi lineari .

6. *Correnti* Corrente stazionaria - Densità di corrente - Legge di Ohm - Resistenza elettrica - Forza elettromotrice - Pila - Forza elettromotrice indotta - Flusso tagliato e flusso concatenato - Induttanza - Mutua induttanza - Energia magnetica - Corrente di spostamento e di polarizzazione.

7. *Reti elettriche* Circuiti elettrici in corrente continua - Legge di Ohm generalizzata - Principi di Kirchoff - Metodo dei nodi e delle correnti di maglia - Reti elettriche in regime quasi stazionario: circuiti RLC - Analisi delle correnti nel periodo transitorio e nel regime permanente - Correnti alternate - Reattanza - Impedenza e ammettenza - Metodo simbolico - Potenza assorbita da un circuito - Legge di Galileo-Ferraris - Risonanza elettrica.

8. *Le equazioni di Maxwell* Equazioni nel vuoto e nella materia - Condizioni al contorno - Conservazione della carica - Conservazione del momento - Tensore degli sforzi di Maxwell - Equazione delle onde per i potenziali elettromagnetici - Gauge di Lorentz.

8. *Ottica fisica* Equazioni delle onde per i campi elettrico e magnetico - Onde armoniche piane - Velocità di gruppo e di fase - Vettore di Poynting - Irradianza.

9. *Polarizzazione* Polarizzazione lineare, circolare ed ellittica - Matrici di Jones - Riflessione e rifrazione : TE e TM - Coefficienti di riflessione e trasmissione - Riflessione interna ed esterna - Angolo di Brewster - Matrice di riflessione.

10. *Coerenza ed interferenza* Esperimento di Young - Teoria della coerenza parziale - Funzioni di correlazione e autocorrelazione - Visibilità di frangia - Tempo e lunghezza di coerenza - Risoluzione spettrale di un treno d'onda finito - Trasformata di Fourier - Spettro di potenza - Coerenza spaziale trasversale e longitudinale.

11. *Diffrazione* Formula di Green - Formula integrale di Kirchhoff-Fresnel - Interpretazione del principio di Huyghens - Diffrazione di Fraunhofer - Figura di diffrazione per una fenditura.

*12. Relatività speciale* Trasformazioni di Galileo - Invarianza delle equazioni di Newton e non invarianza delle equazioni di Maxwell - Esperimento di Michelson-Morley - Postulati di Einstein - Simultaneità, contrazione delle lunghezze, dilatazione dei tempi - Trasformazioni di Lorentz - Legge di composizione delle velocità - La struttura dello spazio tempo - Il quadrivettore energia-momento - Generalizzazione relativistica della legge di Newton - Quadrivettore e legge di conservazione della carica in forma covariante - Gauge di Lorentz - Tensore del campo elettromagnetico - Leggi di trasformazione dei campi elettrico e magnetico - Generalizzazione relativistica della forza di Lorentz.

## B) BIBLIOGRAFIA

D.J. GRIFFITHS, *Introduction to electrodynamics*, Prentice Hall, USA

C. MENCUCCINI-V. SILVESTRINI, *Fisica II (Elettromagnetismo e Ottica)*, Liguori, Napoli  
FOWLES, *Introduction to modern optics*, Dover, USA

M. NIGRO-C. VOCI, *Problemi di fisica generale. Elettromagnetismo e ottica*, Cortina, Pavia

G. BENDISCIOLI-G.C. MANTOVANI, *Esercizi di fisica generale. Problemi e quesiti di elettromagnetismo e ottica fisica*, La Goliardica Pavese, Pavia

## C) AVVERTENZE

Il corso è annuale semestralizzato. Prevede 12 ore alla settimana, di cui 6 di esercitazioni. L'esame è composto di una prova scritta e una orale.

N.B. - Il Prof. Fausto Borgonovi riceve gli studenti come da avviso esposto all'albo.

## 29. Fisica teorica (un modulo): Prof.

Il nome del docente e il programma verranno comunicati successivamente.

## 30. Fluidodinamica (I e II modulo): Prof. MARCO PILOTTI

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

#### *Proprietà dei fluidi*

Comportamento fluido e solido dei materiali. Il modello di Maxwell-Voigt. Grandezze della meccanica dei fluidi e unità di misura. Densità e peso specifico. Comprimità. Tensione superficiale. Pressione di evaporazione. Viscosità. Fluidi non newtoniani. Assorbimento dei gas. Equazioni di stato. Valori numerici.

*Schemi di mezzo continuo*

Derivate sostanziali. T.ma di Reynolds. Equazione di continuità in forma cardinale ed indefinita; sue conseguenze. Tensore degli sforzi. Equazioni del moto in forma cardinale ed indefinita. Equazioni termodinamiche cardinali.

*Statica dei fluidi*

Equazione globale ed indefinite dell'equilibrio statico dei fluidi. Statica dei fluidi pesanti. Equilibrio relativo. Galleggiamento. Fenomeni di capillarità

*Esempi applicativi: Forze idrostatiche contro superfici piane e gobbe. Spinta sopra corpi immersi. Profili teorici di  $p$  in atmosfera.*

*Cinematica dei fluidi*

Analisi della velocità di deformazione infinitesima: traslazione, rotazione, deformazione. Accelerazione. Vorticità. Traiettorie, linee di corrente e linee di emissione. Potenziali scalare e vettore.

*Dinamica dei fluidi ideali.*

Equazioni meccaniche dei fluidi ideali. Il teorema di Bernoulli: sua interpretazione geometrica ed energetica. Moti geostrofici e baroclinici. Limitazioni dello schema di fluido ideale. Moti irrotazionali e isocori.

*Esempi applicativi: Esempi di applicazione del T.ma di Bernoulli. Esempi di situazioni reali approssimabili mediante l'utilizzo di potenziali scalari e vettore.*

*Dinamica dei fluidi viscosi*

Equazioni meccaniche dei fluidi viscosi, in forma globale e indefinita. Formulazione adimensionale delle equazioni di Navier Stokes. Esempi di integrazione su domini elementari. Moti con basse velocità: filtrazione e cenni di lubrificazione.

Eq.ni del moto permanente per le correnti.

Esperimento di Reynolds. Il moto turbolento medio. Aspetti del moto turbolento medio: eq.ni di Reynolds e modelli di turbolenza.

*Esempi applicativi: correnti in pressione; Utilizzo della equazione cardinale del moto in forma integrale per la determinazione di quantità di interesse ingegneristico: perdita di Borda e T.ma di Kutta-Joukowski*

*Nozioni di Strato limite*

generalità; eq.ni di Prandtl. Strato limite su lastra piana

*Correnti a superficie libera*

Caratteri generali. Caratteristiche energetiche. Moto uniforme e profondità critica. Scale di portata.

## B) BIBLIOGRAFIA

E. MARCHI, A. RUBATTA, *Meccanica dei Fluidi: principi e applicazioni idrauliche*, Ed. UTET., Torino.

A. GHETTI, *Idraulica*, Cortina, Padova

### Testi di consultazione consigliati

Relativamente all'impostazione generale del corso:

WHITE - F.M., *Fluid Mechanics*, McGraw-Hill, 1979.

TRITTON - D.J., *Physical Fluid Dynamics*, Oxford Science Publications, 1988

Relativamente alle nozioni di strato limite e di turbolenza:

SCHLICHTING, H., *Boundary Layer Theory*, McGraw-Hill, New York, 1979

Relativamente alle correnti a superficie libera:

G. DE MARCHI - D. CITRINI - G. NOSEDA, *Nozioni di Idraulica*, Edagricole, Bologna, 1977

HENDERSO - F.M., *Open Channel Flow*, MacMillan Publishing Inc., New York, 1966.

V.T. CHOW, *Open Channel Hydraulics*, McGraw-Hill, 1959.

N.B. - Il Prof. Marco Pilotti riceve gli studenti come da avviso esposto all'albo.

## 31. Fondamenti dell'informatica (I e II modulo): Prof.ssa GIOVANNA GAZZANIGA

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

#### *I modulo*

Rappresentazione ed analisi di algoritmi

Principi di funzionamento di un elaboratore elettronico, con particolare riferimento ad un personal computer

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

Automi e grammatiche

Elementi di calcolabilità

Funzioni calcolabili

Questioni relative alla correttezza di algoritmi e programmi

#### *II modulo*

Problemi di complessità computazionale

Strutture astratte di dati e loro memorizzazione

Confronto tra diversi paradigmi di programmazione

Cenni alle Basi di Dati

Analisi del ciclo di vita di un programma

Il software di sistema  
 Cenno ai sistemi operativi  
 Funzioni di un compilatore  
 Struttura di un sistema di calcolo  
 Cenni sull'evoluzione delle architetture informatiche e telematiche

## B) BIBLIOGRAFIA

C. BATINI-L. CARLUCCI AJELLO-M. LENZERINI-A. MARCHETTI SPACCAMELA-A. MIOLA, *Fondamenti di programmazione dei calcolatori elettronici*, Franco Angeli, Milano 1991  
 BELLINI-GUIDI, *Guida al linguaggio C*, McGraw-Hill, 1995  
 KELLEY-POHL, *C – Didattica e Programmazione*, Addison-Wesley, 1996  
 M. ITALIANI-G. SERAZZI, *Elementi di Informatica*, ETAS Libri, 1993  
 G. CIOFFI-V. FALZONE, *Manuale di Informatica*, (terza edizione), Calderini, Bologna 1993  
 D. MANDRIOLI-C. GHEZZI, *Theoretical foundation 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 una 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.

## 32. 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 positivistico
  - 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

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

## 33. Geometria I (I, II, III unità): Prof. ELENA ZIZIOLI

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

#### I unità

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.

## II unità

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.

## III unità

In questa parte verranno approfonditi in dettaglio alcuni argomenti presentati nei due moduli precedenti.

### 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. PIPITONE-M. STOKA, *Esercizi e problemi di geometria*, vol. I, Cedam, Padova  
 S. PELLEGRINI-A. BENINI-F. MORINI, *Algebra lineare 1*, C.E. F. Apollonio & C., Brescia  
 S. PELLEGRINI-A. BENINI-F. MORINI, *Algebra lineare 2*, C.E. F. Apollonio & C., Brescia  
 S. PELLEGRINI-A. BENINI-F. MORINI, *Geometria analitica*, C.E. F. Apollonio & C., Brescia

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

**34. Geometria II:** Prof.ssa 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.

**35. Geometria superiore (I modulo): Prof. CLAUDIO PERELLI CIPPO****A) PROGRAMMA DEL CORSO**

Alcuni punti di Geometria Differenziale, e precisamente:

- Concetti fondamentali del Calcolo Differenziale Assoluto.
- Proprietà differenziali di curve e superfici differenziabili.
- Generalità sugli Spazi Fibrati.
- Sistemi differenziali esterni.
- Teoremi fondamentali della teoria dei Gruppi di Lie.

**B) BIBLIOGRAFIA**

Appunti dalle lezioni

Altra bibliografia verrà comunicata durante il corso

N.B. - Il Prof. Claudio Perelli Cippo riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

**36. Geometria superiore (II modulo): Prof.ssa 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.

**37. Inglese scientifico (1 unità): Prof.**

Il nome del docente e il programma saranno comunicati successivamente

**38. 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**

E. PESSA, *Intelligenza Artificiale*, Bollati Boringhieri 1992

E. PESSA, *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

G. J. KLIR & 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.

**39. 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.

Il 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. STAMBACH, *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.

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

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

Spazi  $L^p$ . Completezza. Densità delle funzioni continue con supporto compatto. Funzioni continue e periodiche. Densità dei polinomi trigonometrici. Esempi di spazi funzionali separabili.

Spazi di Hilbert. Proiezione su un convesso chiuso. Caratterizzazione del

duale. Il teorema di Lax-Milgram. Sistemi ortonormali completi. Il caso di  $L^2(\Omega - \pi, \pi)^n$ .

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.

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.

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

## 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.

## 41. 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.

**42. 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, (II ED.), 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.

### 43. 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-Kowalewski; 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*, S.Wiley, 1992

N.B. - Il Prof. Carlo Banfi riceve gli studenti il martedì e il venerdì dalle ore 12.30 alle ore 13.00 nel suo studio.

**44. Istituzioni di fisica nucleare e subnucleare (I e II modulo):**

Prof. GIUSEPPE NARDELLI

**A) PROGRAMMA DEL CORSO***I modulo: Introduzione alla Fisica Nucleare e Subnucleare*

1. Preliminari: unità di misura, interazioni fondamentali, famiglie di particelle elementari e loro principali proprietà.
2. Schema di un esperimento di particelle elementari/fisica nucleare: a) sorgenti di particelle, b) acceleratori di particelle, c) campi elettromagnetici esterni, d) bersagli, e) rivelatori.
3. Struttura dei nuclei: proprietà, energia di legame, forze nucleari.
4. Processi nucleari: decadimenti alfa, beta e gamma, reazioni nucleari, fissione, fusione.
5. Teoria dei gruppi: preliminari, gruppo di Lorentz e gruppo di Poincaré, SU(2), SU(3) e loro rappresentazioni, decomposizione di una rappresentazione in rappresentazioni irriducibili.
6. Cenni di cinematica e dinamica relativistica.
7. Particelle elementari: a) simmetrie e leggi di conservazione (carica elettrica, ipercarica, spin, isospin, stranezza, numeri leptonici e barionici, etc.), b) calcolo di branching ratios in processi di scattering, c) SU(3) e modello a quarks.

*II modulo: Introduzione alla Teoria dei Campi*

1. Preliminari: passaggio dalla meccanica quantistica alla teoria dei campi, lagrangiano e sue principali proprietà, simmetrie e conseguenti leggi di conservazione (teorema di Noether).
2. I campi classici: a) campo scalare, b) campo spinoriale, c) campo vettoriale.
3. Quantizzazione dei campi classici: principio di corrispondenza, relazione spin-statistica, quantizzazione del campo elettromagnetico alla Gupta Bleuler.
4. Teoria perturbativa: visuale di interazione, matrice S, teorema di Wick, funzioni di Green, descrizione qualitativa di diagrammi di Feynmann.
5. Simmetrie di gauge: U(1) ed il campo elettromagnetico, SU(2) ed il campo di Yang-Mills.
6. Applicazioni alla fisica moderna: rottura spontanea di simmetria, teorema di Goldstone, modello di Weinberg-Salam per l'unificazione elettrodebole.

**B) BIBLIOGRAFIA**

I.S. HUGHES, *Elementary Particles*, Cambridge University Press

D.H. PERKINS, *Introduction to High Energy Physics*, Addison Wesley

C. FRANZINETTI, *Particelle*, Editori Riuniti

F. HALZEN & A.D. MARTIN, *Quarks and Leptons*, John Wiley and Sons

T.P. CHENG & L.F. LI, *Gauge Theory of Elementary Particle Physics*, Oxford University Press

T.D. LEE, *Particle Physics and Introduction to Field Theory*, Harwood Academic Pub.

Per alcuni argomenti è prevista la distribuzione di dispense

N.B. - Il Prof. Giuseppe Nardelli riceve gli studenti come da avviso esposto all'albo.

**45. Istituzioni di fisica teorica (I e II modulo): Prof. FRANCO DALFOVO****A) PROGRAMMA DEL CORSO**

1. Richiami di meccanica analitica ed elementi di meccanica statistica. Equazioni di Eulero-Lagrange. Problema di Keplero. Eq. di Hamilton. Lagrangiana ed Hamiltoniana per una particella carica in un campo elettromagnetico. Parentesi di Poisson. Costanti del moto. Trasformazioni canoniche. Simmetrie e costanti del moto. L'equazione della corda vibrante. L'equazione di diffusione. Teorema di Liouville. Ensemble microcanonico. Medie di ensemble e temporali. Il problema ergodico.
2. Il passaggio dalla fisica classica alla fisica dei quanti. Lo spettro di corpo nero e l'ipotesi di Planck. Calore specifico dei solidi. Effetto fotoelettrico. Atomo di idrogeno, formula di Balmer e modello di Bohr. Ipotesi di De Broglie sul carattere ondulatorio della materia.
3. La meccanica ondulatoria e l'equazione di Schroedinger. Particelle e pacchetti d'onda. Equazione di Schroedinger. Funzione d'onda e sua interpretazione statistica. Operatore hamiltoniano, autovettori e autovalori. Soluzione generale per potenziali indipendenti dal tempo. Problemi in una dimensione: particella libera, buche di potenziale, barriere ed effetto tunnel, oscillatore armonico. Potenziale periodico. Teorema di Bloch. Problemi in tre dimensioni: particella libera in coordinate sferiche, potenziali centrali e momento angolare orbitale. L'atomo di idrogeno.
4. I fondamenti fisici e gli elementi formali della meccanica quantistica. I principi generali della teoria. Osservabili e operatori. Stati e rappresentazioni. Notazione di Dirac. Regole di commutazione e principio di indeter-

minazione. Insiemi di osservabili compatibili e informazione massima sullo stato di un sistema. Operatori posizione e momento. Spettro discreto e spettro continuo. L'operatore di evoluzione temporale. Rappresentazioni di Schroedinger e di Heisenberg. Teorema di Ehrenfest. Costanti del moto, simmetrie e invarianze. Stati coerenti.

#### 5. Metodi approssimati.

Teoria delle perturbazioni indipendenti dal tempo e semplici applicazioni. Perturbazioni dipendenti dal tempo, rappresentazione d'interazione e serie di Dyson. Probabilità di transizione, regola aurea di Fermi. Spettro continuo e approssimazione di Born. Metodi variazionali.

#### 6. Teoria del momento angolare.

Le regole di commutazione del momento angolare. Autostati e autovalori. Momento angolare come generatore di rotazioni. Spin. Esperimento di Stern-Gerlach. Spin  $1/2$  e matrici di Pauli. Addizione di momenti angolari. Precessione di spin in campi magnetici. Risonanza magnetica di spin.

#### 7. Sistemi di particelle.

Due particelle interagenti: separazione del moto del CM e del moto relativo. Problema della distinguibilità delle particelle. Funzione d'onda di  $N$  particelle identiche. Permutazioni, funzioni simmetriche e antisimmetriche. Fermioni e bosoni. Connessione spin-statistica, Insiemi puri e insiemi miscela. L'operatore densità.

#### 8. Urti.

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

#### 9. 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:

A. MESSIAH, *Quantum Mechanics*.

L. LANDAU, L. LIFSHITZ, *Meccanica Quantistica non relativistica*

J. SAKURAI, *Meccanica quantistica moderna*

Altri testi saranno suggeriti a seconda degli argomenti.

N.B. - Il Prof. Franco Dalfovo riceve gli studenti come da avviso esposto all'albo.

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

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

Elementi di Calcolo vettoriale e tensoriale su varietà differenziabili, con particolare riferimento alle curve e superfici dello spazio ordinario; prime proprietà locali delle varietà differenziabili e dei sistemi di Pfaff definiti su di esse.

### **B) BIBLIOGRAFIA**

A. LICHNEROWICZ, *Éléments de Calcul tensoriel*

H. HOPF, *Differential Geometry in the large*

N.B. - Il Prof. Bruno Bigolin riceve gli studenti come da avviso esposto all'albo.

## **47. Laboratorio di elettronica (I e II modulo): Prof. ENRICO ZAGLIO**

### **I modulo**

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

##### *Obiettivi*

Introdurre lo studente ad applicare in campo pratico le conoscenze teoriche acquisite al fine di eseguire o prevedere misure elettroniche.

Dare allo studente una panoramica dei mezzi elettronici più aggiornati e sul loro uso, con particolare riguardo all'impiego industriale.

##### *Metodo didattico*

Esporre i vari argomenti per quanto possibile esemplificando e facendo riferimento alle applicazioni industriali.

Immediatamente dopo l'esposizione teorica applicare in laboratorio quanto spiegato, in modo che il lavoro in laboratorio venga a far parte integrante della lezione teorica.

*Richiami di Elettrotecnica:* bipoli, generatori di tensione, generatori di corrente, flusso di energia, trasformatori, pile, accumulatori, motori elettrici.

*Richiami di Elettronica:* impedenza complessa, componenti passivi reali, amplificatori operazionali, controreazione, terra virtuale, transistors, circuiti integrati, microprocessori, problema dei disturbi.

*Richiami di Tecnologie Elettroniche:* resistori, condensatori, induttori, trimmer, circuiti stampati, saldature, cavi, connettori.

*Trasduttori:* termocoppie, NTC, estensimetri, celle di carico, fotoelementi, rivelatori di particelle, accelerometri, misuratori di portata, pressostati, LVDT, potenziometri, encoders.

*Attuatori:* motori a.c., motori d.c., motori brushless, motori passo passo, elettrovalvole, servovalvole.

## B) BIBLIOGRAFIA

Verranno redatte dispense e – seguendo l’esposizione dei vari argomenti – saranno suggeriti i titoli di libri riguardanti gli argomenti di maggior interesse

## II modulo

### *Obiettivi*

Introdurre lo studente ad applicare in campo pratico le conoscenze teoriche acquisite al fine di eseguire o prevedere misure elettroniche.

Dare allo studente una panoramica dei mezzi elettronici più aggiornati e sul loro uso, con particolare riguardo all’impiego industriale.

### *Metodo didattico*

Esporre i vari argomenti per quanto possibile esemplificando e facendo riferimento alle applicazioni industriali.

Immediatamente dopo l’esposizione teorica applicare in laboratorio quanto spiegato, in modo che il lavoro in laboratorio venga a far parte integrante della lezione teorica.

*Strumenti di misura:* multimetri, oscilloscopi, generatori di segnali, misure RLC, rumore acustico, disturbi EMI, calibri Laser.

*Strumenti virtuali* (uso del LabVIEW)

*Acquisizione ed elaborazione di immagini:* camere CCD, SWR di acquisizione immagini, riconoscimento di forme, collaudo di parti meccaniche.

## B) BIBLIOGRAFIA

Verranno redatte dispense e – seguendo l’esposizione dei vari argomenti – saranno suggeriti i titoli di libri riguardanti gli argomenti di maggior interesse

N.B. - Il Prof. Enrico Zaglio riceve gli studenti secondo l’orario esposto all’albo.

**48. Laboratorio di fisica (3 unità): Prof. GIANLUCA GALIMBERTI****A) PROGRAMMA DEL CORSO****I unità**

Presentazione del problema della misurazione in fisica.

Caratteristiche generali degli strumenti di misura.

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

Come rappresentare ed utilizzare gli errori, tecniche di base per la presentazione dei dati sperimentali.

Introduzione alla teoria di propagazione degli errori.

Errori relativi. Media e deviazione standard. Deviazione standard come l'incertezza in una singola misura. La deviazione standard della media.

Esperimenti di meccanica in laboratorio con l'uso di strumenti informatici; in particolare: leggi di conservazione.

**II unità**

Istogrammi e distribuzioni.

Elementi di teoria delle probabilità e distribuzioni di variabile aleatoria.

Distribuzione normale.

Giustificazione della media come miglior stima.

Deviazione standard della distribuzione normale.

Deviazione standard come limite di confidenza.

Intervallo di confidenza.

Il problema di combinare misure separate. La media pesata.

Estensione della teoria di propagazione degli errori.

Covarianza e correlazione; regressione lineare.

Metodo dei minimi quadrati, in particolare per una retta.

Laboratorio: esperimenti di meccanica e termodinamica, con l'uso di strumenti informatici. In particolare: moti oscillatori e calorimetria.

**III unità**

Distribuzione binomiale e distribuzione di Poisson.

Il test del  $\chi^2$  per una distribuzione.

Probabilità per il  $\chi^2$ .

Rigetto dei dati: criterio di Chauvenet.

Laboratorio: esperimenti di meccanica e termodinamica, con l'uso di strumenti informatici.

In particolare: dinamica del corpo rigido e leggi dei gas.

## B) BIBLIOGRAFIA

JOHN R. TAYLOR, *Introduzione all'analisi degli errori. Lo studio delle incertezze nelle misure fisiche*, Ed. Zanichelli

N.B. - Il Prof. Gianluca Galimberti riceve gli studenti come da avviso esposto all'albo.

## 49. Laboratorio di fisica dell'ambiente (un modulo): Prof. MAURIZIO MAUGERI

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

Verranno effettuate misure di macro inquinanti e di parametri meteorologici con un mezzo mobile attrezzato per la misura degli inquinanti atmosferici. Preliminarmente all'esperienza verrà sviluppata una parte teorica relativa ai seguenti argomenti:

1. Meteorologia e climatologia dello strato limite e relativa influenza sulla dispersione degli inquinanti. Fenomeni di maggior interesse per il bacino padano.
2. Analisi delle situazioni meteorologiche tipicamente connesse con gli episodi di acuto inquinamento atmosferico. Aspetti generali e specificità del bacino padano.

## B) BIBLIOGRAFIA

*Testi consigliati*

R.B. STULL, *An introduction to boundary layer meteorology*; Kluwer Academic Publisher, 1988

M. GIULIACCI, *Climatologia fisica e dinamica della Valpadana*, E.R.S.A. - Servizio Meteorologico Regionale, Bologna 1988

N.B. - Il Prof. Maurizio Maugeri riceve gli studenti come da avviso esposto all'albo.

## 50. Laboratorio di fisica terrestre (un modulo): Prof. GIANFRANCO BERTAZZI

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

Da 5 a 7 esperimenti da scegliere fra i seguenti:

1. Misura della gravità con il pendolo di Borda;
2. Misura del H terrestre con una bobina mobile;

3. Misura della pressione atmosferica con il barometro Fortin;
4. Misura di  $U$ ,  $t_d$ ,  $t_x$  di vapore ed  $U_{as}$  con lo psicrometro;
5. Misura dell'inclinazione e declinazione magnetica con la bussola di Barrow;
6. Radar: principi di funzionamento ed applicazione pratica per l'osservazione e lo studio di alcuni tipi di idrometeore;
7. Studio degli aspetti di assorbimento delle nubi nel Vis, IR e WV, mediante le immagini satellitari;
8. Determinazione delle deviazioni di una bussola magnetica con metodi topografici ed astronomici;
9. Misura della radioattività naturale con il contatore Geiger-Muller;
10. Misura dei campi elettromagnetici indotti da basse ed alte frequenze (inquinamento elettromagnetico);
11. Determinazione degli aeroioni (+ e -) con lo ion-meter;
12. Determinazione delle onde e di altri parametri significativi di un sisma; struttura di una rete sismometrica;
13. Misure radiometriche fondamentali su un piano orizzontale e verticale;
14. Misure con una pompa di calore e di un convertitore solare in collegamento con un collettore solare;
15. Utilizzo di un microscopio elettronico in trasparenza per esami di reperti-indicatori di carattere ambientale.

Alcuni di questi esperimenti dovranno essere effettuati presso l'istituto di Geofisica e di Bioclimatologia Sperimentale a Desenzano del Garda.

## B) BIBLIOGRAFIA

Verranno distribuite dispense durante il corso dell'anno

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

### **51. Laboratorio linguistico (1 unità): Prof.**

Il nome del docente e il programma saranno comunicati successivamente.

### **52. Logica matematica (un modulo): Prof. RUGGERO FERRO**

Il nome del docente e il programma saranno comunicati successivamente.

**53. 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 14.00 alle ore 15.00 nel suo studio.

**54. 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. SØRENSEN-D. WINDELBERG, *Einführung in die Geometrie*, Vandenhoek & 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.

## 55. Meccanica razionale: Prof. CARLO BANFI

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

#### *Prima parte*

#### *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 e rulletta; moto rigido con un punto fisso.

#### *2. Dinamica del Punto materiale.*

Concetti e principi fondamentali; analisi delle forze; equazioni differen-

ziali 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.

### *Seconda parte*

3 *Dinamica del 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 rigido con un punto fisso; momenti d'inerzia e loro proprietà; momento della quantità di moto 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.

### 4 *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; momento 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; teorema di Dirichlet-Lagrange; 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 4:

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

## C) AVVERTENZE

Il corso verrà svolto in due parti nel secondo e nel terzo quadrimestre.

Per ogni parte del corso è previsto un esame con prova scritta e prova orale. Gli esiti delle prove scritte restano validi per tutto l'anno accademico.

N.B. - Il Prof. Carlo Banfi riceve gli studenti il martedì e venerdì dalle ore 10.30 alle ore 11.00 nel suo studio.

## 56. Meccanica statistica (I modulo): Prof. FAUSTO BORGONOVÌ

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

#### 1) *Meccanica Statistica Classica*

- Postulati - Definizione statistica dell'entropia
- Insieme microcanonico - Ipotesi ergodica - Termodinamica - Teorema di equipartizione - Gas classico ideale - Paradosso di Gibbs - Insieme canonico - Fluttuazioni nell'insieme canonico - Insieme gran canonico
- Connessioni tra i diversi ensemble - Problemi ergodici - Sistemi dinamici astratti - Coefficienti di Lyapunov - Bernoulli shift - C sistemi, K- sistemi - Il teorema KAM - Entropia ed irreversibilità'

#### 2) *Meccanica Statistica Quantistica*

- Postulati - Matrice densità - Stati puri e stati miscela
- Ensembles nella meccanica statistica quantistica
- Terza legge della termodinamica - Il gas ideale: gas di Bose, gas di Fermi, gas di Boltzmann
- Gas ideale nel limite classico - Stati quantistici di particella singola
- Caos in sistemi quantistici - Corrispondenza tra caos classico e quantistico

### B) BIBLIOGRAFIA

Testi consigliati:

K. HUANG , *Statistical Mechanics*, Wiley, New York 1987

L.D. LANDAU-E.D. LIFSHITZ, *Statistical Physics*, Pergamon, Oxford

C. KITTEL, *Elementary Statistical Mechanics*, Wiley, New York 1958

A.I. KHINCHIN, *Mathematical Foundations of Statistical Mechanics*, Dover, New York 1958

F. REIF, *Statistical and Thermal Physics*, McGraw-Hill, New York 1965

N.B. - Il Prof. Fausto Borgonovi riceve gli studenti come da avviso esposto all'albo.

**57. Meccanica statistica** (II modulo): Prof. FRANCO DALFOVO

## A) PROGRAMMA DEL CORSO

1. Sistemi di fermioni: gas ideale, gas interagente e teoria dei liquidi di Fermi. Applicazioni.
2. Sistemi di bosoni: gas ideale, gas debolmente interagente, condensazione di Bose-Einstein. Applicazioni.
3. Parametro d'ordine, superfluidità e superconduttività.
4. Parametro d'ordine e fenomeni critici.

## B) BIBLIOGRAFIA

K. HUANG, *Meccanica statistica*

PATHRIA, *Statistical Mechanics*

L.D. LANDAU-E.M. LIFSHITZ, *Statistical Physics, Part 1*

E.M. LIFSHITZ-L.P. PITAEVSKII, *Statistical Physics, Part 2*

N.B. - Il Prof. Franco Dalfovo riceve gli studenti come da avviso esposto all'albo.

**58. Metallurgia** (I e II modulo): Prof. ROBERTO ROBERTI

Il programma e la bibliografia saranno comunicati successivamente.

**59. Metodi computazionali della fisica** (un modulo): Prof. MAURIZIO PAOLINI

Il corso è mutuato da *Metodi di approssimazione*.

**60. 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 L2.

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.

## **61. Metodi e modelli per l'organizzazione e la gestione (un modulo):**

Prof. LORENZO SCHIAVINA

### A) PROGRAMMA DEL CORSO

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

### B) BIBLIOGRAFIA

HILLIER, LIEBERMAN, *Introduzione alla R.O.*, F. Angeli

GOLDBERG, RUBIN, *Succeeding with objects*, Addison-Wesley

GAMMA E ALTRI, *Design Patterns*, Addison-Wesley

FOWLER, SCOTT, *UML distilled*, Addison-Wesley

## C) AVVERTENZE

Durante il corso verranno fatti riferimenti all'utilizzo dei moderni strumenti di elaborazione (Internet, XML ecc.); inoltre, se possibile, il corso verrà integrato da interventi di esperti nei settori direttamente collegati alla R.O.

N.B. - Il Prof. Lorenzo Schiavina riceve gli studenti come da avviso esposto all'albo.

### 62. Metodi matematici della fisica (I modulo): Prof. MARCO DEGIOVANNI

Il corso è mutuato dal primo modulo di *Istituzioni di analisi superiore*.

### 63. Metodi matematici della fisica (II modulo): Prof. MARCO DEGIOVANNI

#### A) PROGRAMMA DEL CORSO

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.

## **64. Preparazione di esperienze didattiche (I e II modulo):**

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 aneroidico; 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.

**65. Relatività (un modulo): Prof. GIANCARLO CAVALLERI****A) PROGRAMMA DEL CORSO**

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.

**B) BIBLIOGRAFIA**

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

Ulteriori indicazioni bibliografiche verranno date 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.

**66. Sistemi di elaborazione dell’informazione (I e II modulo):**

Prof. GIOVANNI SACCHI

**A) PROGRAMMA DEL CORSO**

*I modulo: Generalità sui sistemi operativi*

Concetti fondamentali, classificazione, struttura

Compiti di un sistema operativo:

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

Sistemi distribuiti:

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

## Il modulo: Approfondimenti sui sistemi operativi

### Deadlock:

- Modellizzazione e caratterizzazione
- Gestione, rilevamento, ripristino

### Processi:

- Processi cooperanti
- Thread, esempi
- Processi concorrenti

### Casi di Studio:

- I Sistemi Unix
- I Sistemi Linux
- I Sistemi Windows

## B) BIBLIOGRAFIA

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

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

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

A. KELLEY-I. POHL, *C - Didattica e Programmazione*, Addison-Wesley Italia, 1996

## C) AVVERTENZE

Il corso verrà svolto in parte in aula, con lezioni teoriche, e in parte il Laboratorio di Informatica, con lezioni ed esercitazioni mirate ad approfondire, dal punto di vista operativo, gli argomenti trattati.

L'esame del Primo Modulo consta di una prova scritta e di una eventuale discussione orale. La prova scritta, che si svolge in Laboratorio di Informatica, consiste nella stesura e nella messa a punto di un programma.

L'esame del Secondo Modulo consiste in una prova orale in cui lo studente dovrà dimostrare la conoscenza degli argomenti in programma e la padronanza degli esercizi proposti nelle esercitazioni.

N.B. - Il Prof. Giovanni Sacchi riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

## **67. Statistica matematica (I e II modulo): Prof. LUCIO BERTOLI BARSOTTI**

Il programma e la bibliografia saranno comunicati successivamente.

**68. Storia delle matematiche (I e II modulo): Prof. ENRICO GAMBA****A) PROGRAMMA DEL CORSO***I modulo*

Elementi di metodologia storica. La nascita della scienza in Grecia: i Pitagorici, i matematici del V secolo, Eudosso. L'opera di Euclide. Matematica e meccanica in Archimede. Matematica e filosofia in Platone ed Aristotele. La cosmologia e l'astronomia antica: l'eredità babilonese, Ipparco, Tolomeo. I lasciti della scienza antica alla scienza moderna. Le cause del declino della scienza antica. I fattori di cambiamento sociale e culturale che si verificano durante il Medioevo. La matematica delle scuole d'abaco. L'Umanesimo matematico.

*II modulo*

La matematica nel Quattro-cinquecento: il metodo prospettico, la scuola algebrica italiana: Dal Ferro, Tartaglia, Cardano, Bombelli. Nascita e sviluppo del calcolo infinitesimale da Cavalieri ad Eulero. La fisica-matematica: Galileo, Cartesio, Leibniz, Newton. La rivoluzione astronomica: Copernico, Keplero, Galileo, Cartesio, Leibniz, Newton. La scienza come soggetto storico, compiti, funzioni, implicazioni etiche, pedagogiche e sociali dell'impresa scientifica.

**B) BIBLIOGRAFIA**

Per il I modulo:

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

T. KUHN, *La rivoluzione copernicana*, Einaudi

Per il II modulo:

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

T. KUHN, *La rivoluzione copernicana*, Einaudi

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

Per entrambi i moduli saranno forniti appunti.

N.B. - Il Prof. Enrico Gamba riceve gli studenti come da avviso esposto all'albo.

**69. Struttura della materia (I e II modulo): Prof. FULVIO PARMIGIANI****A) PROGRAMMA DEL CORSO***1. Elettrodinamica*Potenziali e campi

Potenziale scalare e vettore. Condizioni di compatibilità (Gauge Transforma-

tions). 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 irraggiata 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 3-540-17702-7)

##### 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 il giovedì dalle ore 11.30 alle ore 12.30 nel suo studio.

**70. Tecniche fisiche per la diagnostica biomedica (un modulo):**

Prof. PIERO FEROLDI

**A) PROGRAMMA DEL CORSO**

1. Scambi energetici e principi fisici per la diagnostica biomedica
2. Tecniche fisiche per la diagnostica biomedica e riferimenti biologici e fisiologici
3. Radiazioni ionizzanti: dosimetria e rivelatori di interesse in radiodiagnostica
4. Effetti biologici delle radiazioni ionizzanti
5. Tubo radiogeno per diagnostica medica: radiodiagnostica tradizionale e digitale
6. Dose al paziente e principi di radiobiologia e di radioprotezione
7. Tomografia Computerizzata
8. Controlli di qualità in radiodiagnostica
9. Diagnostica in vivo e in vitro con radioisotopi
10. Analisi spettrometriche su campioni biologici
11. Radiazioni non ionizzanti
12. Risonanza Magnetica
13. Diagnostica ecografica
14. Linee guida per le tecniche fisiche in diagnostica biomedica

**B) BIBLIOGRAFIA**

La bibliografia sarà indicata all'inizio del corso

N.B. - Il Prof. Piero Feroldi riceve gli studenti su appuntamento.

**71. Termodinamica (1 unità): Prof. MASSIMO SANCROTTI**

Il corso è mutuato dalla terza unità di *Fisica generale I*.

## CORSI DI INTRODUZIONE ALLA TEOLOGIA

L'Università Cattolica, in aggiunta agli esami previsti dal piano di studi per conseguire la laurea, richiede allo studente di sostenere tre esami di introduzione alla Teologia.

Questi insegnamenti intendono offrire una conoscenza critica, organica e motivata dei contenuti della Rivelazione e della vita cristiana, così da ottenere una più completa educazione degli studenti all'intelligenza della fede cattolica. Ciò nella convinzione che "l'interdisciplinarietà sostenuta dall'apporto della filosofia e della teologia, aiuta gli studenti ad acquisire una visione organica della realtà e a sviluppare un desiderio incessante di progresso intellettuale" (Ex corde Ecclesiae, 20).

### PRIMO ANNO

#### *Il mistero di Cristo*

Prof. PIERLUIGI PIZZAMIGLIO

#### A) PROGRAMMA DEL CORSO

1. La domanda religiosa oggi
2. Storia della salvezza e rivelazione di Dio; accoglienza di fede e ragione
3. Introduzione alla sacra Scrittura
4. Teologia: introduzione e significato
5. Il Gesù storico
6. Predicazione del regno, miracoli e titoli cristologici
7. Il mistero pasquale: croce e resurrezione
8. La confessione della fede trinitaria
9. Universalità salvifica del Cristo e altre religioni

#### B) BIBLIOGRAFIA

J. FINKENZELLER, *Il problema di Dio*, Paoline, 1986

Lettura e commento della "*Dei Verbum*"

J. IMBACH, *La Bibbia: storia, autori, messaggio*, EDB, 1981

F. ARDUSSO, *Gesù Cristo, Figlio del Dio vivente*, San Paolo, Cinisello B. (MI) 1996

M. DHAVAMONY, *Teologia delle religioni*, San Paolo, 1997

N.B. - Il Prof. Pierluigi Pizzamiglio riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

***Chiesa e sacramenti***

Prof. PIERLUIGI PIZZAMIGLIO

**A) PROGRAMMA DEL CORSO**

1. Gesù all'origine della Chiesa
2. Gli elementi costitutivi della Chiesa: il vangelo, il sacramento, la carità
3. Le immagini della Chiesa
4. La chiesa comunione fraterna e apostolica
5. L'iniziazione cristiana: il ruolo dei sacramenti e il compito della Chiesa
6. Chiesa, peccato e riconciliazione
7. Le scelte della maturità cristiana: matrimonio e consacrazione
8. La Chiesa e la società
9. La missione cattolica della Chiesa

**B) BIBLIOGRAFIA**PORRO, *La Chiesa. Introduzione teologica*, Piemme 1985 oppureS. PIÉ NINOT, *Introduzione alla ecclesiologia*, Piemme 1986Lettura e commento della "*Lumen Gentium*"M. QUALIZZA, *Iniziazione cristiana: battesimo, confermazione, eucarestia*, S. Paolo, Milano 1996Lettura e commento della "*Gaudium et spes*"

N.B. - Il Prof. Pierluigi Pizzamiglio riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio.

***La nuova vita in Cristo***

Prof. RENATO FALISELLI

**A) PROGRAMMA DEL CORSO****1. Le "premesse"**

La situazione contemporanea: il momento difficile della morale cristiana

L'urgenza di un ritorno alla Sacra Scrittura

Senso, possibilità e limiti di una "morale biblica"

**2. I "luoghi" biblici essenziali di riferimento**

A.T.: "Alleanza" e "legge"

N.T.: - "Regno di Dio" e "Discorso della Montagna";

- la "legge della carità";

- l'"uomo nuovo" nelle lettere di San Paolo

3. I “criteri fondamentali della crescita”

Il criterio “oggettivo”: la norma morale (con particolare riguardo al tema della “legge naturale”)

Il criterio “soggettivo”: la coscienza (con speciale attenzione ai possibili conflitti fra “legge” e “coscienza”).

4. L’ “arresto” e la “ripresa”

“Peccato e conversione”

5. Morale “umana” e morale “cristiana”

Alla ricerca dello “specifico” cristiano in campo morale

**B) BIBLIOGRAFIA**

R. FALISELLI, *Morale cristiana e crescita dell’uomo nuovo (pro manuscripto)*, Brescia 1987

A fianco delle “dispense”, la Bibbia (in versione integrale) è da considerarsi strumento indispensabile di lavoro

GIOVANNI PAOLO II, *Enciclica “Veritatis Splendor”*, 1993 (qualunque edizione integrale)

Ulteriori indicazioni bibliografiche, per un utile approfondimento personale, saranno fornite durante le lezioni.

**C) AVVERTENZE**

Accanto alla parte istituzionale, di cui sopra, è previsto un Seminario su “Questioni di etica della vita fisica”, quale parte integrante del programma in corso.

Riferimento fondamentale e obbligatorio sarà Giovanni Paolo II, *Enciclica “Evangelium Vitae*, 1995 (qualunque edizione integrale).

N.B. - Il Prof. Renato Faliselli riceve gli studenti dopo le lezioni nel suo studio o previo appuntamento.



