

**Concessionaria esclusiva
per la pubblicità
PUBLIAPI
Via Castiglione, 132
40136 Bologna - Tel. (051) 581151 - Fax (051) 581287**

© 1997 by CLUEB
Cooperativa Libreria Universitaria Editrice Bologna

ISBN 88-8091-543-6

CLUEB
Cooperativa Libreria Universitaria Editrice Bologna
40126 Bologna - Via Marsala 24
Tel. 051 220736 - Fax 051 237758

Finito di stampare nel mese di settembre 1997 in Bologna
dalla Cooperativa Libreria Universitaria Editrice

Copertina/grafica: Studio Origoni e Steiner

Indice

	<i>pag.</i>
Indice	5
Informazioni generali	7
Normativa di segreteria	11
Corso di Laurea in ASTRONOMIA	17
Riordino	19
Programmi dei corsi	23
Corso di Laurea in BIOTECNOLOGIE	49
Introduzione	51
Corso di Laurea in CHIMICA	63
Introduzione al Vecchio Ordinamento	65
Introduzione al Nuovo Ordinamento	70
Introduzione al Riordinamento	82
Programmi dei corsi	93
Corso di Laurea in FISICA	145
Introduzione all'Ordinamento Riformato	147
Programmi dei corsi	157
Corso di Laurea in INFORMATICA	211
Introduzione	213
Programmi dei corsi	219
Corso di Laurea in MATEMATICA	245
Introduzione al Vecchio Ordinamento	247
Introduzione al Nuovo Ordinamento	250
Programmi dei corsi	257
Corso di Laurea in SCIENZE AMBIENTALI	289
Introduzione	291
Programmi dei corsi	297
Corso di Laurea in SCIENZE BIOLOGICHE	349
Introduzione	351
Programmi dei corsi	361
Corso di Laurea in SCIENZE DELL'INFORMAZIONE Sede di Cesena	409
Introduzione	411
Programmi dei corsi	413
Corso di Laurea in SCIENZE GEOLOGICHE	439
Introduzione al Nuovo Ordinamento	441
Programmi dei corsi	447
Corso di Laurea in SCIENZE NATURALI	489
Introduzione al Nuovo Ordinamento	491
Programmi dei corsi	499
Dipartimenti ed altre strutture scientifiche	533
Indice analitico	565

Informazioni generali

MENSE UNIVERSITARIE

Gli studenti iscritti all'Università possono godere del servizio di mensa fornito dall'Azienda Comunale presso:

- Self-Service presso Collegio Poeti - Via Barberia 12.
- Mensa presso il Collegio Irnerio, Piazza Puntoni 1.
- Mensa presso la Facoltà di Ingegneria.
- Mensa Bestial Market, Via Berti 2.

Gli studenti dovranno esibire alla cassa all'atto del pagamento del buono pranzo, il libretto universitario comprovante la regolare iscrizione per l'anno accademico in corso, documento che è strettamente necessario anche per fruire delle altre forme di assistenza.

Periodo indicativo di apertura delle mense: dal 15 settembre al 24 luglio (escluso il periodo natalizio e pasquale).

SALE DI STUDIO E LETTURA

Site in Via S. Petronio Vecchio 17/19, Via Zamboni 25, possono accedervi tutti gli studenti della Università degli Studi di Bologna, nei giorni feriali dalle 9 alle 23, previa esibizione del libretto universitario (o altro documento di riconoscimento). Sono messi a disposizione degli studenti libri, giornali e riviste, che possono essere consultati soltanto nella Sala. Non è consentito il prestito a domicilio. In Via Acri 9 e in Via Belle Arti 21 sono in funzione dalle 9 alle 23 delle sale di studio dove gli studenti possono recarsi con i propri testi.

SERVIZI PRESTITO LIBRI

Per gli studenti iscritti allo schedario assistenza funziona presso la sala di Via Zamboni 25. Orario: 9:15 - 12:15, tutti i giorni feriali, escluso il mercoledì.

CLUEB – Cooperativa Libreria Universitaria Editrice Bologna

Dal 1959, sorta per iniziativa di un gruppo di studenti e docenti, è operante la Cooperativa Libreria Universitaria.

Scopo della Cooperativa è la vendita e la stampa di libri, pubblicazioni e dispense a livello universitario e si pone come istituzione di rilievo nel quadro della gestione diretta degli interessi universitari e specificatamente dell'attuazione del diritto allo studio, fra l'altro mediante la pubblicazione di dispense a basso prezzo, sussidi didattici e quanto altro serve per la preparazione culturale degli studenti.

La Cooperativa ha sede in Via Marsala, 31 - Tel. 051 220736. Quivi è possibile ottenere ogni utile informazione per quanto riguarda i testi e i sussidi didattici.

ASSICURAZIONE PER GLI STUDENTI

A. Tutti gli studenti dell'Ateneo, regolarmente iscritti in corso e fuori corso, compresi quelli delle Scuole e Corsi di perfezionamento e specializzazione, sono assicurati, in base ad una polizza che l'università ha stipulato con l'Assitalia, contro gli infortuni che possano loro accadere:

- in genere nell'ambito dell'Università;
- durante il trasferimento per ragioni di studio da Istituto a Istituto, anche con uso di mezzi pubblici e privati;
- in occasione della partecipazione a iniziative e manifestazioni indette dall'Università (escluse quelle a carattere sportivo);
- in occasione di tirocini pratici ed attività svolte presso centri di studio, campi sperimentali, industrie, miniere, ecc., svolti dietro autorizzazione dell'Università o di un Direttore d'Istituto, purché non sussista rapporto di dipendenza e lo studente non sia comunque retribuito;
- in occasioni di tumulti popolari, manifestazioni politiche o sindacali o atti singoli di violenza ai quali lo studente non abbia preso parte attiva e sia rimasto vittima malgrado la sua volontà.

Sono compresi nell'assicurazione i colpi di sole e di calore, l'asfissia per subitanea fuga di gas o vapori, l'avvelenamento del sangue e l'infezione, sempreché il germe infettivo si sia introdotto nell'organismo attraverso una lesione interna traumatica

contemporaneamente al verificarsi della lesione stessa. Per gli appartenenti a reparti scientifici, l'assicurazione si estende alle infezioni microbiche e/o parassitarie, anche quando non si sia verificato contatto accidentale e visibile con sostanze infette.

Le prestazioni assicurative sono le seguenti:

- L. 450.000.000 in caso di morte;
- L. 550.000.000 in caso di invalidità permanente;
- retta di L. 120.000 giornaliera per degenza ospedaliera in conseguenza dell'infortunio.

Affinché l'assicurazione possa essere resa operante è necessario che lo studente dia denuncia dell'infortunio all'apposito ufficio dell'Amministrazione universitaria (Sez. V) entro il termine di tre giorni dall'evento.

B. Gli studenti che attendono ad esercitazioni pratiche o ad esperienze tecnoscientifiche presso i laboratori universitari, sono assicurati per legge presso l'I.N.A.I.L. contro gli infortuni che possano loro accadere durante lo svolgimento di tali attività (Testo Unico della legislazione infortuni, approvato con D.P.R. 30 giugno 1965, n. 1124).

Le prestazioni assicurative sono le seguenti:

- le cure mediche e chirurgiche, compresi gli accertamenti clinici;
- la fornitura degli apparecchi di protesi;
- una rendita, commisurata al grado d'inabilità permanente, calcolata sulla base di una retribuzione fittizia, integrata da un assegno mensile per l'assistenza personale, continuativa in caso di particolari menomazioni;
- una rendita ai superstiti e un assegno una tantum in caso di morte.

Tali prestazioni assicurative sono cumulabili con quelle di cui alla lettera A. In caso di infortuni, lo studente potrà recarsi per la visita medica e le prime cure esclusivamente presso:

- l'ambulatorio dell'I.N.A.I.L. (Via Milazzo 10) nelle ore d'ufficio;
- il pronto soccorso del S. Orsola o dell'Ospedale Maggiore (soltanto in casi di estrema necessità o urgenza).

A tal fine è necessario che lo studente presenti la richiesta di visita medica gratuita che gli verrà fornita dalla segreteria dell'Istituto dove si è svolto l'incidente.

L'infortunio dovrà essere denunciato entro due giorni all'Amministrazione universitaria perché possa provvedere agli adempimenti di sua competenza.

LEGENDA

1	-	SEZIONE DI BOTANICA (DIP. BIOLOGIA)
2	-	DIPARTIMENTO DI FISICA
3	-	ISTITUTO DI ANATOMIA UMANA DIPARTIMENTO DI BIOCHIMICA
4	-	DIPARTIMENTO DI FISIOLOGIA
5	-	DIPARTIMENTO DI MATEMATICA
6	-	DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA E.V.S.
7	-	DIPARTIMENTO DI MEDICINA E SANITÀ PUBBLICA
8	-	DIPARTIMENTO DI PATOLOGIA SPERIMENTALE
9	-	DIPARTIMENTO DI CHIMICA (CIAMICIAN)
10	-	SEDE CENTRALE
11	-	DIPARTIMENTO DI ASTRONOMIA
12-13	-	DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA

Normativa di segreteria

(Facoltà di Scienze, Via Zamboni 33 Bologna)

N.B. Le indicazioni seguenti hanno carattere indicativo e non sono complete. Informazioni aggiornate e complete si trovano nell'apposito opuscolo in distribuzione presso le segreterie.

IMMATRICOLAZIONE

Le immatricolazioni si ricevono dal 20 luglio al 30 settembre.

Fino all'attuazione della riforma universitaria possono iscriversi a qualsiasi corso di laurea:

- i diplomati degli istituti di istruzione secondaria di secondo grado di durata quinquennale, ivi compresi i licei linguistici riconosciuti per legge, e coloro che abbiano superato i corsi integrativi previsti dalla legge che ne autorizza la sperimentazione negli istituti professionali;
- i diplomati degli istituti magistrali e dei licei artistici che abbiano frequentato, con esito positivo, un corso annuale integrativo, da organizzarsi dai provveditorati agli studi, in ogni provincia, sotto la responsabilità didattica e scientifica delle università, sulla base di disposizioni che verranno impartite dal Ministero per la pubblica istruzione.

Fino all'attuazione della riforma della scuola secondaria superiore, ai diplomati degli istituti magistrali e dei licei artistici continuerà ad essere consentita l'iscrizione ai corsi di laurea per i quali è prevista l'ammissione dalle norme vigenti alla data di entrata in vigore della legge 11 dicembre 1969, n. 910; per lo stesso periodo di tempo si applicheranno, inoltre, le disposizioni del decreto-legge 22 dicembre 1968, n. 1241, convertito nella legge 12 febbraio 1969, n. 8, concernente l'iscrizione alle facoltà ed agli istituti superiori di magistero.

Indipendentemente dal titolo di istruzione secondaria superiore posseduto, chiunque sia fornito di laurea può iscriversi ad altro corso di laurea.

Inoltre i Diplomati presso la Scuola Europea di Bruxelles in possesso di licenza liceale europea possono iscriversi direttamente alle varie Facoltà, secondo le modalità previste dallo statuto della Scuola stessa.

Per l'immatricolazione è necessario: Presentarsi **agli sportelli bancari** della Banca CARISBO; pagare la 1° rata di tasse. Consegnare la domanda alla segreteria della facoltà di via Zamboni 33 unicamente ai seguenti documenti:

- Diploma originale di studi medi o certificato sostitutivo dello stesso o in via

provvisoria, per coloro che si sono diplomati nell'anno scolastico appena terminato, un certificato in carta legale degli studi compiuti (*), **non**, però, **copia notarile del diploma**. Il certificato deve in ogni caso essere sostituito prima dell'inizio della sessione estiva di esami dal diploma originale (è opportuno ricordare che l'art. 142 del T.U. delle leggi sull'istruzione superiore vieta la contemporanea iscrizione a diverse Università, a diverse Facoltà o Scuole della stessa Università e a diversi corsi di laurea o di diploma della stessa Università e a diversi corsi di laurea o di diploma della stessa Facoltà o Scuola. Pertanto le iscrizioni effettuate e le carriere scolastiche svolte – compresi gli esami sostenuti – in contravvenzione alla predetta norma, sono prive di efficacia e vengono annullate).

- Ricevuta del pagamento della prima rata ovvero, nel caso che lo studente abbia pagato solo la quota ridotta delle tasse, attestazione della presentazione della domanda di assegno di studio o di esonero tasse all'Ufficio Interventi Individuali. Chi ha conseguito 60/60 alla maturità deve presentare domanda di esonero per solo merito su apposito modulo in distribuzione in Segreteria. La II rata verrà spedita alla residenza dello studente.
- Tre fotografie, formato tessera su fondo bianco, una delle quali applicata su carta bollata da L. 15.000 e autenticata dall'autorità competente, ovvero tre fotografie e la fotocopia di un documento di riconoscimento.
- Scheda statistica, debitamente compilata in tutte le sue parti.

N.B. Agli studenti iscritti ad anni successivi al primo vengono inviati direttamente a casa i moduli di iscrizione e la I rata.

IMMATRICOLAZIONE DEGLI STRANIERI E DEGLI ITALIANI IN POSSESSO DI TITOLI DI STUDIO STRANIERI

Le norme di immatricolazione variano di anno in anno. Gli interessati sono invitati a far riferimento all'apposito opuscolo distribuito tempestivamente presso la segreteria della Facoltà, via Zamboni 33.

NORME GENERALI RELATIVE ALLA CARRIERA SCOLASTICA. VALIDITÀ DELL'ANNO E ATTESTAZIONI DI FREQUENZA.

Nessun anno di corso è valido se lo studente non è iscritto a tre insegnamenti del proprio corso di studi.

(*) Tale certificato, se rilasciato da un Capo di Istituto non statale, fuori della provincia di Bologna, deve essere legalizzato dal competente Provveditore agli Studi.

CORSI LIBERI.

A norma dell'art. 6 del Regolamento, lo studente in corso, oltre alle materie del proprio corso di laurea, può iscriversi – per ogni anno – a non più di due insegnamenti di altro corso di laurea della stessa Università entro il 31 Dicembre, previa domanda in carta libera alla segreteria di Facoltà (via Zamboni 33).

ESAMI DI PROFITTO.

La domanda di ammissione agli esami di profitto per l'intero anno accademico è unificata con quella di immatricolazione o di iscrizione. Pertanto va presentata la predetta domanda unificata, da valere per le tre sessioni dell'anno accademico.

Lo studente è tenuto a conoscere le norme dell'ordinamento didattico del proprio corso di laurea ed è il solo responsabile dell'annullamento degli esami che siano sostenuti in violazione delle predette norme.

In particolare:

- per i corsi raddoppiati per numero di studenti, dovrà sostenere l'esame davanti alla Commissione presieduta dal Docente titolare del corso cui lo studente è tenuto ad iscriversi;
- non può ripetere un esame già sostenuto con esito favorevole;
- gli esami di profitto non possono essere sostenuti più di due volte in un anno accademico, compresa la sessione straordinaria di febbraio;
- gli esami sostenuti in violazione delle norme che regolano la propedeuticità stabilite per Statuto saranno annullati.

ESAMI DI LAUREA O DIPLOMA.

Le domande di ammissione agli esami di laurea o diploma devono essere presentate entro i seguenti termini:

- Sessione estiva 15 maggio
- Sessione autunnale 15 settembre
- Sessione straordinaria 15 gennaio

L'ammissione di uno studente all'esame di laurea esige il controllo dell'intera carriera scolastica: pertanto tali scadenze sono improrogabili e per nessun motivo potranno essere concesse deroghe. Per la documentazione rivolgersi alla Segreteria della Facoltà.

RILASCIO ATTESTAZIONI

Per ottenere il rilascio di certificati, l'interessato deve inoltrare domanda in carta legale (o su apposito modulo), diretta al Magnifico Rettore e presentarla alla competente Segreteria, indicandovi chiaramente cognome e nome, Facoltà, Corso di studi ed anno di appartenenza, numero di matricola e il tipo del certificato richiesto.

Lo studente in difetto della presentazione di documenti o del pagamento di tasse o contributi non può ottenere il rilascio di certificati. I certificati per uso assistenziale ed abbonamento ferroviario sono allegati al modulo di iscrizione inviato a casa.

Per ottenere il ritardo dal servizio militare di leva, occorre presentare alla Segreteria, insieme alla domanda d'iscrizione, apposita domanda in carta libera in duplice copia chiedendo il rinvio o il ritardo predetto. La domanda dovrà recare le generalità dell'interessato scritte chiaramente (cognome, nome, data e luogo di nascita) e l'indicazione del corso di studi seguito e dell'anno di corso.

Tale domanda sarà presentata alla Segreteria, che provvederà a restituirla dopo averla corredata dell'attestazione circa la posizione scolastica dell'interessato. Si ricorda che tale attestazione verrà rilasciata solo allo studente, in corso o fuori corso, purché sia in regola con le nuove norme contenute nella circolare ministeriale del 10 agosto 1985.

Per ottenere l'abbonamento ferroviario ridotto lo studente dovrà presentare alla Segreteria, insieme alla domanda d'iscrizione, domanda in carta libera, indirizzata alle Ferrovie dello Stato, chiedendo tale beneficio. La domanda dovrà contenere, in modo chiaro, le generalità dell'interessato, la facoltà di appartenenza, il corso di laurea e l'anno di corso. La domanda così compilata verrà restituita allo studente dopo che il Segretario vi avrà apposto in calce la dichiarazione attestante la posizione di studio. Lo studente presenterà poi domanda alla stazione di partenza.

DISPENSA DALLE TASSE E ASSEGNO DI STUDIO

Per quanto riguarda la dispensa dalle tasse, l'assegno di studio e le altre provvidenze a favore degli studenti, si veda l'opuscolo a parte pubblicato dalla ACOSTUD e dalla Segreteria di Facoltà.

PIANI DI STUDIO AUTONOMI

Fino all'entrata in vigore della riforma universitaria lo studente può predisporre, entro il 31 dicembre di ogni anno, un piano di studi diverso da quelli previsti dagli ordinamenti

didattici, secondo le norme della legge 11 dicembre 1969, n. 910, art. 2 e legge 30 novembre 1970, n. 924, art. 4.

Il piano va predisposto in duplice copia di cui una in bollo su un modulo in distribuzione presso la segreteria alla quale va presentato dopo la compilazione, per l'inoltro al Consiglio di corso di laurea per la dovuta approvazione. Per il C.d.L. in Fisica il piano va predisposto in triplice copia di cui una in bollo.

Si precisa che qualora lo studente predisponga un piano di studio che preveda un numero di esami superiore a quello indicato dal relativo Statuto per il conseguimento della laurea, e il piano sia approvato dal competente consiglio, egli è tenuto a sostenere e superare tutti gli esami indicati, salvo che non modifichi il piano stesso che dovrà, comunque, essere sottoposto all'approvazione del competente Consiglio di corso di laurea.

**Corso di Laurea
in
ASTRONOMIA**

CORSO DI LAUREA IN ASTRONOMIA

Riordino

NORME GENERALI

La durata degli studi del corso di Laurea in Astronomia è fissata in quattro anni.

L'attività didattico-formativa è organizzata sulla base di 19 annualità (due corsi semestrali equivalgono ad una annualità) costituite da corsi ufficiali di insegnamento monodisciplinari o integrati, con i seguenti contenuti:

AREA ASTRONOMIA, ASTROFISICA e FISICA SPAZIALE. Lo studente dovrà acquisire conoscenze di base sulle moderne tematiche astronomiche ed astrofisiche con articolare approfondimento nei campi dell'astronomia osservativa da terra e dallo spazio e delle relative tecnologie, dell'astrofisica teorica e della cosmologia.

AREA MATEMATICA. Lo studente deve acquisire i concetti di base del calcolo differenziale ed integrale, dell'algebra lineare, della geometria, della meccanica analitica e dei continui, ed in generale gli strumenti matematici di base.

AREA FISICA. Lo studente deve acquisire le nozioni fondamentali della fisica generale, dei metodi di misura delle grandezze fisiche, dell'analisi dei dati e delle tecniche del laboratorio di fisica, dei principi della dinamica classica e relativistica, della meccanica dei fluidi, dei principi della termodinamica classica e statistica, dell'elettromagnetismo, dell'elettronica e dei dispositivi a semiconduttore, dell'ottica classica.

Lo studente deve inoltre acquisire i fondamenti dell'elettrodinamica e della meccanica quantistica ed, in generale, le idee di base della fisica moderna. In particolare dovranno essere sviluppati i fondamenti della fisica teorica e dei metodi matematici connessi.

AREA CHIMICA. Lo studente deve acquisire le nozioni fondamentali della chimica generale ed inorganica, con elementi introduttivi di chimica organica.

PIANO DIDATTICO

INSEGNAMENTI FONDAMENTALI

<i>1° Anno</i>	<i>2° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none">• Analisi Matematica I (15)• Geometria (1375)• Fisica generale I (415)• Esperimentazioni di Fisica I (7906)• Chimica (88)• Prova di conoscenza lingua inglese (2058)	<ul style="list-style-type: none">• Analisi matematica II (17)• Istituzioni di Fisica Matematica (537)• Fisica Generale II (417)• Esperimentazioni di Fisica II (10705)• Astronomia I (10706)

<i>3° Anno</i>	<i>4° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Istituzioni di Fisica Teorica (539) • Struttura della Materia (semestrale) (12681) • Astronomia nucleare e subnucleare (semestrale) (12680) • Astronomia II (10707) • Laboratorio di Astronomia (12677) 	<ul style="list-style-type: none"> • Astrofisica (56) • Laboratorio di Tecniche Astrofisiche (12679) • Laboratorio di RadioAstronomia (12678) • Tre annualità (due corsi semestrali equivalgono ad una annualità) a scelta tratte dall'elenco dei complementari qui sotto riportato.

INSEGNAMENTI COMPLEMENTARI ATTIVATI (ELENCO PROVVISORIO)

- Algoritmi e Strutture Dati (da Matematica) (11929)
- Astrofisica teorica (3398)
- Chimica fisica (122)
- Complementi di astrofisica (12717)
- Cosmologia (3401)
- Elettronica (da Fisica) (269)
- Fisica Cosmica (semestrale da Fisica) (13190)
- Fisica dei dispositivi elettronici (da Fisica) (10798)
- Fisica delle galassie (10750)
- Fisica delle particelle elementari (da Fisica) (411)
- Fisica nucleare (da Fisica) (422)
- Fisica spaziale (1483)
- Fisica stellare (semestrale)
- Fisica superiore (429)
- Fisica teorica (da Fisica) (431)
- Istituzioni di fisica nucleare e subnucleare (da Fisica) (10785)
- Meccanica celeste (3391)
- Meccanica statistica (da Fisica) (695)
- Metodi matematici dell'astronomia (10760)
- Planetologia
- Radiazione cosmica (semestrale da Fisica) (12097)
- Radioastronomia (872)
- Relatività (da Fisica) (883)
- Storia della fisica (da Fisica) (972)
- Storia dell'astronomia (3410)
- Teoria dei campi (da Fisica) (9520)
- Teoria dei sistemi a molti corpi (da Fisica) (10771)
- Teoria e tecniche di elaborazione delle immagini (12714)

Gli studenti sono lasciati liberi di anticipare uno dei corsi complementari dal IV al III anno. Gli studenti potranno chiedere, con appositi e motivati piani di studio, l'inserimento

di complementari non previsti nell'elenco soprariportato. Parte dell'attività di formazione potrà essere svolta, previo parere favorevole del consiglio della struttura didattica, e sotto la responsabilità del docente del corso, presso gli osservatori astronomici italiani e presso gli istituti dell'area di ricerca del CNR di Bologna.

SVOLGIMENTO CORSI

Le lezioni del primo anno avranno inizio il 5/10/99. Le lezioni dei restanti anni di corso avranno inizio il 19/10/99. Le lezioni verranno sospese per le ferie natalizie dal 17/12/99 al 10/1/2000 e, tranne il primo anno di corso, dal 29/1/2000 al 14/2/2000 per gli esami della sessione invernale verranno poi di nuovo sospese dal 21/4/2000 al 26/4/2000, ferie pasquali, e cesseranno il 9/6/2000.

SBARRAMENTI

Possono ottenere l'iscrizione al quarto anno solo quegli studenti che abbiano già sostenuto 8 esami.

PROPEDEUTICITÀ

<i>Per essere ammesso all'esame di:</i>	<i>lo studente deve superare l'esame di:</i>
Analisi matematica II	Analisi matematica I
Fisica generale II	Fisica generale I
Esperimentazioni di fisica II	Esperimentazioni di fisica I
Astronomia II	Astronomia I
Astrofisica	Astronomia II

Non si possono sostenere gli esami del III e IV anno, se prima non si sono superati gli esami di Fisica Generale I e II e di Analisi Matematica I e II, e la prova di conoscenza della lingua inglese.

ESAME DI LAUREA

Per essere ammesso all'esame di laurea, che consiste nella discussione di una tesi scritta, lo studente deve aver superato le 19 annualità prescritte. Una copia della dissertazione di laurea dovrà essere presentata in segreteria secondo il calendario stabilito dal CCdL. Altre due copie per il controrelatore e la biblioteca dovranno essere consegnate nella stessa data alla segreteria didattica del dipartimento di Astronomia (Sig.ra Giuliana Badiali). Superato l'esame di laurea lo studente consegue il titolo di «dottore in astronomia».

TUTORATO

Agli studenti del primo anno verrà assegnato d'ufficio un tutore cui continueranno a far riferimento per tutto il periodo degli studi.

AFFINITÀ E RICONOSCIMENTI

Ai fini del proseguimento degli studi il corso di laurea in Astronomia è riconosciuto affine al Corso di Laurea in Fisica e al diploma universitario in Metodologie Fisiche. In caso di trasferimento da altri corsi di Laurea il C.C.d.L. si riserva di deliberare, caso per caso, avendo riguardo al contenuto culturale ed al livello di insegnamenti dei quali si richiede il riconoscimento, deliberando anche l'anno di iscrizione.

SECONDE LAUREE

Per i laureati in Fisica, indipendentemente dagli esami sostenuti, si richiede un minimo di tre nuovi esami e la tesi.

CALENDARIO DEGLI ESAMI DI LAUREA

<i>Sessione</i>	<i>consegna tesi</i>	<i>seduta di laurea</i>
I	8/7/99 ore 9	19/7/99 ore 9
II, 1 ^a seduta	30/9/99 ore 9	11/10/99 ore 9
II, 2 ^a seduta	9/12/99 ore 9	20/12/99 ore 9
III	10/3/2000 ore 9	20/3/2000 ore 9

DIPARTIMENTI PRESSO I QUALI SI TENGONO I CORSI

DIPARTIMENTO DI ASTRONOMIA
Viale Berti Pichat 6/2
Per informazioni tel. 6305727

DIPARTIMENTO DI FISICA
Viale Berti Pichat 6/2

Programmi dei corsi

ANALISI MATEMATICA I

Docente: Alberto Venni

Tipo: annuale con esercitazioni

Crediti: 12

Esame: prova scritta e orale

Scopo del corso: Fornire le conoscenze fondamentali della teoria delle funzioni di una variabile reale, e di alcuni argomenti ad essa collegati.

Contenuto del corso:

- Concetti fondamentali (insiemi, relazioni, funzioni).
- Numeri reali, e loro proprietà algebriche e topologiche.
- Numeri complessi, e loro proprietà algebriche e topologiche.
- Successioni e serie numeriche.
- Limiti e continuità per funzioni di una variabile reale.
- Successioni e serie di funzioni.
- Funzioni elementari
- Calcolo differenziale per funzioni di una variabile reale.
- Integrali di Riemann e integrali generalizzati.

Testi consigliati

E. LANCONELLI, *Lezioni di analisi matematica I*, Pitagora, integrato da appunti distribuiti durante il corso.

ANALISI MATEMATICA II

Docente: Elena Serra

Tipo: annuale con esercitazioni

Crediti: 12

Esame: prova scritta e orale

Scopo del corso: Fornire le conoscenze fondamentali della teoria delle funzioni di più variabili reali, e di alcuni argomenti ad essa collegati.

Contenuto del corso:

- Calcolo differenziale per funzioni di più variabili reali.

- Varietà di \mathbf{R}^n ed estremi vincolati
- Equazioni e sistemi di equazioni differenziali.
- Integrali curvilinei e campi vettoriali.
- Misura e integrazione secondo Lebesgue.
- Superfici in \mathbf{R}^3 .
- Serie di Fourier.

Testi consigliati

E. LANCONELLI, *Lezioni di analisi matematica 2*, Pitagora.

A. VENNI, *Spazi normati - Limiti - Continuità*, Pitagora.

A. VENNI, *Calcolo differenziale - Equazioni differenziali*, Pitagora.

A. VENNI, *Misura e integrazione in \mathbf{R}^n* , Pitagora.

ASTROFISICA

Docente: Giancarlo Setti

Tipo: annuale

Crediti: 12

Esame: orale

Contenuto del corso:

- Stelle collassate: nane bianche, stelle di neutroni, buchi neri.
- La Galassia. Distribuzione delle stelle e materia interstellare. Cinematica e dinamica.
- Teorie di struttura a spirale. Teoria di Lin dell'onda di densità.
- Le galassie a spirale. Proprietà, dinamica, determinazione delle masse, formazione stellare. Le galassie ellittiche. Proprietà generali. Modelli dinamici.
- La formazione delle galassie.

ASTROFISICA NUCLEARE E SUBNUCLEARE

Docente: Giorgio Giacomelli

Tipo: semestrale, 45 ore di lezione e esercitazioni, III anno

Crediti: 7,5

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire alcune delle nozioni principali della struttura sub-atomica della materia, dei nuclei atomici, dei costituenti ultimi e delle loro interazioni. Vengono discusse alcune connessioni fra fisica, astrofisica e cosmologia.

Contenuto del corso: Introduzione. Note storiche e concetti fondamentali. Acceleratori di particelle (cenni). Passaggio delle radiazioni nella materia (cenni). Rilevatori di particelle, rivelazione di particelle (cenni).

Le quattro interazioni fondamentali. Semplici classificazioni delle particelle elementari. Il modello statico a quark. Principi di invarianza e leggi di conservazione. Collisione adrone-adrone nella regione delle risonanze e delle alte energie. L'interazione elettromagnetica. Diffusione statica elettrone-protone. L'interazione debole. Collisioni leptone-nucleone ad alta energia. Il modello standard delle interazioni elettrodebole e forte. Collisioni positrone-elettrone. Oscillazioni di particelle (cenni). Oltre il Modello Standard (cenni) Particelle, Astrofisica e Cosmologia (cenni).

Il nucleo atomico. Proprietà globali dei nuclei. Stabilità nucleare. Decadimenti radioattivi. Raggi alfa, beta, gamma. Urto nucleare. Reazioni nucleari. La forza nucleare (cenni). La struttura dei nuclei. Modelli nucleari (cenni). L'energia nucleare. Fissione e fusione. Applicazioni nucleari. Cenni di radioprotezione. Cenni di astrofisica nucleare. Il sole.

Testi consigliati

Sono disponibili appunti delle lezioni e degli esercizi.

E. SEGRÉ, *Nuclei e particelle*, Zanichelli, Bologna

POVH ET AL., *Particles and Nuclei*, Springer (1995)

Un libro divulgativo

ASTROFISICA TEORICA

Docente: Antonio Messina

Tipo: annuale

Crediti: 12

Esame: orale

Scopo del corso: Dare principi e strumenti per la comprensione e lo studio della struttura su grande scala dell'universo.

Contenuto del corso: La materia nell'universo: galassie; ammassi; ammassi di ammassi; funzioni di correlazione; analisi dello spettro; omogeneità; isotropia; massa oscura. La radiazione nell'universo: radiazione di fondo; distribuzione spettrale; i dati di COBE. La dinamica dell'universo: spostamento verso il rosso; parametro di Hubble; l'età dell'universo. Modelli di universo: modelli di Friedman-Lemaitre; universo di polvere; universo di radiazione; il modello «standard» (orizzonte, piattezza, costante cosmologica). Evoluzione del modello «standard»: proprietà fisiche; gravitazione quantistica; transizioni di fase; modelli inflazionari; problemi e possibili soluzioni. Le strutture su grande scala: perturbazioni; instabilità gravitazionale; teoria di Jeans; soluzioni approssimate; soluzione newtoniana; soluzione in universo di Einstein-De Sitter; perturbazioni in

universi dominati da materia barionica e non barionica; evoluzione non lineare delle perturbazioni. Spettro delle perturbazioni: possibili spettri primordiali; spettri originati dall'inflazione; funzione di trasferimento; gaussianità e non gaussianità dello spettro; studio dell'evoluzione non lineare dello spettro con tecniche numeriche.

Testi consigliati

E.W. KOLB, M.S. TURNER, *The Early Universe*, Addison-Wesley, 1990.

F. LUCCHIN, *Introduzione alla Cosmologia*, Zanichelli, 1990.

T. PADMANABHAN, *Structure Formation in the Universe*, Cambridge University Press, 1995.

P.J.E. PEEBLES, *Principles of Physical Cosmology*, Princeton University Press, 1993.

ASTRONOMIA I

Docente: Bruno Marano

Tipo: annuale

Crediti: 12

Esame: Orale

Scopo del corso: Dare le prime conoscenze sulle grandezze fisiche principali, relative ai fenomeni astronomici (tempi, distanze, moti, masse energia) e sui metodi che portano alla loro conoscenza. Fornire i primi strumenti che consentano allo studente di affrontare tali questioni su un piano quantitativo.

Contenuto del corso:

Sistemi di coordinate celesti. Moti apparenti degli astri. Rifrazione atmosferica, aberrazione. Misura delle distanze all'interno del sistema solare; parallassi diurne. Moti e masse nel sistema solare. Parallassi annue. La distanza delle stelle. Moti propri delle stelle.

Il corpo nero. Sistemi fotometrici fondamentali nell'astronomia ottica. Magnitudini fotometriche, magnitudini bolometriche. Magnitudini assolute. La costante solare.

Telescopi astronomici. Fotometri e spettrografi ottici e infrarossi. L'assorbimento dell'atmosfera. Luminosità e spettro del fondo cielo; il "seeing"; problemi di detezione di sorgenti di debole intensità. Il telescopio spaziale e i grandi telescopi a terra.

Spettroscopia stellare: la classificazione spettrale delle stelle. Relazione tra classi spettrali e temperatura superficiale. Il diagramma colore-magnitudine. Parametri fisici delle stelle: luminosità, raggio, temperatura, massa e loro determinazione. Relazioni fondamentali tra i parametri fisici delle stelle.

La formazione di righe stellari. Le atmosfere stellari. Gas e polveri interstellari. Ammassi e associazioni. Le popolazioni stellari.

Testi consigliati

CARROL, OSTLIE, *An introduction to modern astrophysics*, Addison Wesley.

BRACCESI, *Esplorando l'Universo*, Zanichelli

SMART, *Text-book on spherical astronomy*, Cambridge University Press.
UNSOLD, BASCHEK, *Il nuovo cosmo*, Springer Verlag,
Eventuali dispense o testi su argomenti specifici verranno indicati durante il corso.

ASTRONOMIA II

Docente: Alessandro Braccesi

Tipo: annuale

Crediti: 15

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire una panoramica dalle stelle all'universo, descrivendo i principali oggetti, le leggi che li regolano, le reciproche interrelazioni.

Contenuto del corso: Formazione, evoluzione e stati finali delle stelle, proprietà e struttura della nostra galassia, proprietà e classificazione delle galassie esterne, la distribuzione delle galassie nello spazio cosmico e gli ammassi di galassie, la recessione cosmologica e qualche formula cosmologica fondamentale.

Testi consigliati

A. BRACCESI, *Esplorando l'universo*, Zanichelli, Bologna, 1988.

A. UNSÖLD e B. BASCHEK, *The new cosmos*, Springer-Verlag, 1991.

A. BRACCESI, *Lezioni di astrofisica*, dispense disponibili presso il Dipartimento di Astronomia.

CHIMICA

Docente: Maria Francesca Manfrin

Tipo: annuale con esercitazioni numeriche e pratiche

Crediti: 12

Esame: scritto e orale (preiscrizione per lo scritto almeno 48 ore prima, presso il docente; la prova scritta è valida per l'intero anno accademico e gli elaborati sono conservati per 6 mesi dopo tale limite; l'esito dello scritto condiziona l'ammissione all'orale)

Scopo del corso: Fornire gli elementi essenziali relativi alla composizione e al comportamento delle varie sostanze che costituiscono l'Universo. La conoscenza di tali elementi si rende necessaria per la comprensione di più specifiche proprietà delle sostanze stesse, che in seguito saranno sviluppate in altri corsi.

Contenuto del corso: Struttura atomica della materia. Struttura elettronica degli atomi e classificazione periodica degli elementi chimici. Legame chimico e suo significato per la distribuzione geochimica degli elementi. Stati di aggregazione della materia: stato gassoso, liquido e solido. Cambiamenti di stato. Soluzioni. Sistematica chimica e stechiometria. Reazioni chimiche: considerazioni termodinamiche e cinetiche. Equilibrio chimico in sistemi gassosi. Equilibri in soluzione: equilibri protonici ed equilibri elettronici. Azione chimica della luce. Conversione fotochimica dell'energia solare. Struttura del nucleo e radioattività, applicazione alla datazione di rocce, cenni sui processi di fusione e di fissione nucleare. Proprietà chimiche dei vari elementi in relazione alla loro posizione nel sistema periodico. La chimica del carbonio, elementi introduttivi di chimica organica. Origine degli elementi chimici. Abbondanza degli elementi e composizione chimica della materia nell'Universo. Struttura atomica e spettri stellari. Processi chimici delle atmosfere planetarie. Molecole interstellari, processi di formazione e di distruzione. Esercitazioni numeriche sui precedenti argomenti.

Durante il corso gli studenti dovranno svolgere delle esercitazioni pratiche di spettroscopia atomica e di reattività chimica.

Testo consigliato:

L. MOGGI e M. VENTURI, *Chimica generale ed inorganica*, Corso Ed., Ferrara.

Testo di consultazione:

P. CHIORBOLI, *Fondamenti di chimica*, UTET, Torino.

Saranno inoltre distribuiti a lezione appunti per gli argomenti non trattati nei suddetti testi.

CHIMICA FISICA

Docente: Maria Grazia Giorgini

Tipo: annuale

Crediti: 12

Esame: orale

Scopo del corso: fornire gli strumenti necessari per l'interpretazione di spettri atomici e molecolari nelle diverse regioni spettrali. L'attenzione è rivolta alla identificazione di specie atomiche e molecolari nel mezzo interstellare ed ai processi chimici e fisici che in esso hanno luogo ed alle sue condizioni termodinamiche.

Contenuto del corso: Struttura degli atomi. Teoria perturbativa indipendente da t . Atomi a molti elettroni. Termini dell'energia. Accoppiamenti di momenti angolari. Struttura fina e iperfina. L'oscillatore anarmonico. Il rotatore distortibile. Struttura delle molecole. Approssimazione di Born-Oppenheimer. Stati rotovibroelettronici. Effetto dello spin e della statistica nucleare sugli stati molecolari. Cinetica dei processi radiativi.

Trattamento semiclassico della interazione radiazione materia. Teoria perturbativa dipendente da t . La regola aurea di Fermi. Termini di dipolo elettrico, dipolo magnetico e quadrupolo elettrico. Competizione fra i diversi meccanismi lenti. Regole di selezione per i differenti meccanismi. Applicazioni all'Astrofisica: righe nebulari. I cianopoliini. Abbondanze isotopiche, temperature e densità di colonna. Maser cosmici. La riga di inversione dell'ammoniaca.

Testi consigliati

I. N. LEVINE, *Quantum Chemistry* (3th Edition), Allyn and Bacon, Inc., 1983, ISBN 0-205-07952-0, Cap. 1-11.

C.S. JOHNSON and L.G. PEDERSEN, *Quantum Chemistry and Physics*, Addison-Wesley Publishing Co., 1977, ISBN 0-201-03415-8, Cap. 10.

COMPLEMENTI DI ASTROFISICA

Docente: Silvia Rosa Facondi

Tipo: annuale

Crediti: 12

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire approfondimenti su particolari argomenti di Fisica Generale peculiari dell'Astrofisica Stellare. Il corso è indirizzato prevalentemente all'astrofisica stellare e della Galassia.

Contenuto del corso: Si suddivide in 2 parti: 1) Leggi statistiche: classiche e quantistiche. Larghezza della riga spettrale: effetto Doppler, larghezza naturale, collision damping, effetto Stark, asimmetria. Legge dell'equipartizione. Teorema del viriale. Nane Bianche: gas fermionico. Stelle di neutroni: gas bosonico. Superfluidità: cenni.

Testi consigliati

M. BORN, *Fisica Atomica*, Boringhieri, Bologna.

V. CASTELLANI, *Astrofisica Stellare*, Zanichelli, Bologna.

2) A scelta una delle seguenti monografie:

V. CASTELLANI et al., *La Fisica dei Neutrini Solari*, Physical Review, preprint, 1997 Cygnus X-3.

B. MUNRO, *Ph. D. Thesis*, UCSB, 1995 SS433.

R. VERMEULEN et al., fotocopie di articoli distribuiti a lezione.

COSMOLOGIA

Docente: Gavril Grueff

Tipo: annuale

Crediti: 12

Esame: orale

Scopo del corso: Il corso si propone di fornire una panoramica introduttiva alla Cosmologia osservativa moderna, discutendo i principali risultati sperimentali nel quadro del cosiddetto Modello Standard, evolutosi dalla teoria della Relatività Generale. Il corso presuppone unicamente la conoscenza degli elementi e concetti di astronomia generale contenuti nei corsi fondamentali dei tre anni precedenti, molti dei quali verranno utilizzati per organizzare la conoscenza dell'Universo a grande scala.

Contenuto del corso: Come si sono sviluppati i concetti alla base della moderna Cosmologia e quali sono state le evidenze osservative che li hanno generati. La determinazione del contenuto materiale dell'Universo, curve di rotazione e masse delle galassie, materia oscura, funzione di luminosità, masse degli ammassi. La radiazione cosmica di corpo nero. Elementi di Relatività Generale e sue principali conferme sperimentali, le proprietà del continuo spazio-temporale derivabili da essa. I modelli di Universo di Friedmann-Lemaître e l'espansione dell'Universo. La nucleosintesi primordiale nel contesto del Modello Standard. Cenni su teorie cosmologiche non-relativistiche e sulle teorie inflazionistiche. Rassegna e discussione critica dei metodi sperimentali per la determinazione delle distanze e della costante di Hubble. Tests cosmologici classici, misura del parametro di decelerazione. Conteggi di radiosorgenti e galassie e loro evoluzione cosmologica.

Testi consigliati

J. NARLIKAR, *Introduction to Cosmology*, 1993, Cambridge University Press.

M. ROWAN-ROBINSON, *The cosmological distance ladder*, 1985, Freeman and Company.

A.R. SANDAGE et al., *The deep Universe*, Saas-Fee Advanced Course 23, 1993, Springer-Verlag.

ESPERIMENTAZIONI DI FISICA I

Docente: Franco Zavatti

Tipo: annuale con prove di laboratorio

Crediti: 12

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire gli elementi di base delle misure fisiche e dell'elaborazione statistica dei dati sperimentali.

Contenuto del corso:

Probabilità e suoi teoremi, variabili aleatorie e loro momenti. Funzione di distribuzione e densità di probabilità. Alcune distribuzioni: Bernoulli, binomiale, Poisson, uniforme, gaussiana, ², Fisher. Teorema limite centrale, legge dei grandi numeri. Trasformazione di variabili, propagazione degli errori. Campionamento. Stima, massima verosimiglianza, minimi quadrati. Test di ipotesi. Alcuni test: normalità, student, fisher, ².

Testi consigliati

F. ZAVATTI, *Appunti di Esperimentazioni di Fisica I*, 1998. Dispensa da integrare con Brandt e Ventsel.

F. ZAVATTI, *Prove di Laboratorio*, 1998. Dispensa.

S. BRANDT, *Statistical and Computational Methods in Data Analysis*, 1970, North Holland Publishing Company. Capitoli 3-8.

E. VENTSEL, *Teoria delle Probabilità*, 1983, Edizioni MIR. Prime 80 pagine.

G. VALDRÈ, U. VALDRÈ, *Misure e complementi di fisica*, CLUEB, Bologna.

Note per lo studente: La frequenza alle 7 prove di laboratorio che fanno parte integrante del corso è obbligatoria.

ESPERIMENTAZIONI DI FISICA II

Docente: Pierluigi Frabetti

Tipo: annuale con prove di laboratorio

Crediti: 12

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire i principi di base ed elementi tecnico-pratici dell'elettronica a semiconduttori lineare e digitale; della strumentazione necessaria per le relative misure; della strumentazione in uso nelle osservazioni astronomiche e nella sperimentazione con raggi cosmici.

Contenuto del corso: Richiami di elettromagnetismo classico: cariche, forze, campi potenziali. Cenni di struttura atomica e dei cristalli: teoria delle bande, valenza e conduzione, livelli di Fermi. Proprietà elettriche dei materiali: mobilità e conducibilità, isolanti semiisolanti, semiconduttori, conduttori, semiconduttori intrinseci e drogati. Tecnologia della preparazione dei materiali: drogaggio per diffusione e per impiantazione ionica. Materiali a contatto; giunzioni metallo metallo, metallo semiconduttore, diodi Shottky; giunzioni P-N, svuotamento, polarizzazione e caratteristiche dinamiche, diodi Zener, a valanga, tunnel. Transistori a giunzione: funzionamento e caratteristiche statiche e dinamiche, parametri ibridi. Elementi passivi dei circuiti; resistori, capacitori, induttanze, partitori resistive capacitivi. Elementi attivi; raddrizzatori e stabilizzatori di tensione;

amplificatori adattatori di impedenza. FET transistori ad effetto di campo: JFET, MOSFET a svuotamento ed arricchimento; caratteristiche, transconduttanza, capacità d'ingresso; amplificatore di tensione e di carica. Strutture a multigates: shift registers, CCD ad uso astronomico. Elettronica digitale: Cenni di logica simbolica, algebra di Boole, rappresentazione binaria; porte logiche fondamentali NOT AND NAND OR NOR; circuiti sequenziali; flip-flop, memorie, contatori e decodificatori. Cenni alla struttura dei calcolatori: Bus Alu Memorie Periferici, sistemi operativi linguaggi librerie; reti locali e lontane. Cenni alla radiazione cosmica: primaria e secondaria, tecniche di rivelazione: contatori a gas proporzionali e no, calorimetri, a scintillazione, Cerenkov, camere a deriva, camere a scintilla, a bolle e a nebbia. Strumenti di misura: tester analogici e digitali, oscilloscopi analogici e digitali, capacimetri ecc.

Testi consigliati

M. NOEL, *Semiconductor Devices*, Morris Macmillan.

S. LIPSCHUTZ, *Matematica di base per il calcolatore*, Collana SCHAUM Etas Libri.

P.W. NICHOLSO, *Nuclear Electronics*, John Wiley & Sons.

FISICA DELLE GALASSIE

Docente: Paola Focardi

Tipo: annuale

Crediti: 12

Esame: orale

Scopo del corso: Obiettivo del corso è illustrare lo stato attuale delle conoscenze, delle ricerche e dei risultati relativi lo studio delle galassie. Il corso affronta e mette in luce una serie di tematiche generali, su alcuni argomenti, che vengono segnalati come di particolare interesse e rilievo, è lasciata facoltà allo studente, che lo desidera, di svolgere un approfondimento più mirato.

Contenuto del corso: Le galassie e le loro proprietà osservabili nelle diverse bande dello spettro elettromagnetico. La classificazione morfologica delle galassie ed il suo significato fisico. I cataloghi di galassie loro validità e limitazioni. Galassie Ellittiche, S0, Spirali, Irregolari, Nane: proprietà osservabili e derivabili. La misura della massa per i diversi tipi di galassie. La materia scura nelle galassie. Galassie in interazione e «mergers». La struttura a scala maggiore (ammassi e superammassi) e la segregazione morfologica delle galassie. Le galassie cD: origine ed evoluzione.

Testi consigliati

P. FOCARDI, *Fisica delle galassie*, dispense.

J. BINNEY et al., *Morphology and Dynamics of Galaxies*, SAAS-FEE 1982.

J. BINNEY & S. TREMAINE, *Galactic Dynamics*, Princeton Series in Astrophysics.

F. COMBES et al., *Galaxies and Cosmology*, 1995, Springer & Verlag eds.

FISICA GENERALE I

Docente: Roberto Fanti

Tipo: annuale con esercitazioni

Crediti: 12

Esame: prova scritta e orale

Scopo del corso: Fornire i fondamenti classici della meccanica e della termodinamica, con numerose applicazioni a problemi elementari.

Contenuto del corso

a) Meccanica Newtoniana: Sistemi di coordinate; Grandezze scalari e vettoriali; Cinematica; Leggi di Newton; Sistemi inerziali; Forze; Leggi di conservazione; Moto oscillatorio; Studio del moto in sistemi di riferimento non inerziali; Gravitazione e problema dei due corpi; Elementi di dinamica del Corpo rigido; Statica e dinamica dei fluidi; Onde.

b) Relatività ristretta: Trasformazioni di Galileo e costanza della velocità della luce; Trasformazioni di Lorentz, contrazione delle lunghezze e dilatazione dei tempi; Elementi di meccanica relativistica.

c) Termodinamica: Temperatura e Calore; Legge dei gas perfetti; Elementi di teoria cinetica; Significato di pressione e temperatura; Libero cammino medio; Leggi di Boltzmann e Maxwell; Energia Interna; Calori molari; Sistemi termodinamici; Trasformazioni termodinamiche; Lavoro; I principio della termodinamica; II principio della termodinamica; Ciclo di Carnot; Teorema di Carnot; Temperatura assoluta; Entropia; Cambiamenti di stato; Equazione di Clapeyron; Gas reali. Equazione di van der Waals; Energia interna ed entropia di un gas reale; Entropia e disordine.

Testi consigliati

D. HALLIDAY, R. RESNICK, K.S. KRANES, *Fisica I*, Ambrosiana.

AA.VV., *L'universo Meccanico*, Zanichelli.

FERMI, *Termodinamica*, Boringhieri.

R. FEYNMANN, *Lecture di Fisica*, Masson.

M. BRUNO et al., *Esercizi di Fisica I*, CLUEB.

S. FOCARDI, *Problemi di Fisica Generale - I parte*, CEA.

SALANDIN, PAVAN, *Problemi di Fisica I*, CEA.

FISICA GENERALE II**Docente: Loretta Gregorini****Tipo:** annuale con esercitazioni**Crediti:** 12**Esame:** prova scritta e orale

Scopo del corso: Fornire i fondamenti dell'elettromagnetismo classico, con numerose applicazioni a problemi semplici.

Contenuto del corso: Elettromagnetismo.

- Richiami di calcolo vettoriale differenziale e integrale: campi scalari e vettoriali.
- Elettrostatica: legge di Coulomb; carica elettrica; campo elettrico; teorema di Gauss; potenziale elettrostatico; equazioni di Poisson e Laplace; conduttori e isolanti; problema generale dell'elettrostatica; energia elettrostatica; condensatori; dielettrici.
- Correnti continue: intensità e densità di corrente; equazione di continuità; legge di Ohm; legge di Joule; leggi di Kirchoff.
- Magnetostatica: campo magnetico; Leggi di Laplace; Forza di Lorentz; teorema della circuitazione e della divergenza; potenziale vettore; campi magnetici nella materia.
- Induzione elettromagnetica: Legge di Faraday; campi elettrici non conservativi; autoinduzione e mutua induzione; energia magnetica.
- Corrente di spostamento; Equazioni di Maxwell; onde elettromagnetiche; Energia e quantità di moto per i campi elettromagnetici; vettore di Poynting; radiazione di dipolo.
- Relatività ristretta: l'elettromagnetismo nel formalismo relativistico; trasformazioni dei campi elettromagnetici.
- Ottica.
- Onde: teorema di Fourier; velocità di fase e di gruppo; dispersione;
- Interferenza, monocromaticità e coerenza.
- Diffrazione: Principio di Huygens; diffrazione di Fraunhofer da una fenditura sottile; reticolo di diffrazione.
- Ottica geometrica.
- Polarizzazione. Limiti dell'elettromagnetismo classico.

Testi consigliatiAMALDI, BIZZARRI, PIZZELLA, *Fisica Generale*, Zanichelli.GIACOMELLI, GREGORINI, *Fisica Generale*, La Nuova Italia Scientifica.FEYNMANN, *Lecture di Fisica*, Masson.SALANDIN, PAVAN, *Problemi di Fisica II*, CEA.CAPILUPPI et al., *Esercizi di Fisica*, CUSL.

FISICA SPAZIALE**Docente: Giorgio Palumbo****Tipo:** annuale e semestrale**Crediti:** 12**Esame:** orale**Contenuto del corso:***Il mezzo interstellare*

Il gas neutro e ionizzato nella galassia. Massa e distribuzione. Ruolo del campo magnetico. Le leggi termodinamiche. Le forze che dominano le collisioni e che determinano la velocità. Equilibrio dinamico e termodinamico. Trasferimenti radiativi. Coefficienti di assorbimento ed emissione. Righe di emissione ed assorbimento. Righe ottiche, 21 cm, radio masers, radio e x. I maser astronomici stellari ed extragalattici.

Astronomia X

Breve rassegna dei meccanismi di produzione dei fotoni X. I principi fisici su cui si basano i rivelatori di raggi X. Contatori proporzionali. Scintillatori. Il problema della spettroscopia nella banda X. Il cielo X.

I Nuclei Galattici Attivi (AGN)

Classificazione osservativa degli AGN. Fisica degli AGN, densità e temperature del gas ionizzato. Fotoionizzazione. Le regioni di formazione delle righe larghe e strette. La produzione e lo spettro dei fotoni di alta energia. Le sorgenti di energia negli AGN. La polvere negli AGN. Il modello fisico della macchina centrale e degli «oggetti» AGN. La ricerca degli AGN: surveys nelle varie bande (radio, ottico, infrarosso, X). I Quasars: radio e X («Loud» e «Quiet»). Funzioni di luminosità. Evoluzione e problemi cosmologici. Gli AGN e il fondo X diffuso.

Testi consigliati*Il mezzo interstellare*

G.L. VERSCHUUR, K.L. KELLERMANN (Editors), *Galactic and Extragalactic Radio Astronomy*, Springer Verlag, Seconda edizione 1988.

L. SPITZER, Jr., *Physical Processes in the Interstellar Medium*, Wiley & Sons, 1978.

M. HARWIT, *Astrophysical Concepts*, Springer Verlag, Seconda edizione.

D.C.B. WHITTET, *Dust in the Galactic Environment*, Institute of Physics Publishing, The graduate series in astronomy.

MOSHE ELIZUR, *Astronomical Masers*, Kluwer Academic Publishers.

Astronomia X

R. GIACCONI, H. GURSKY Eds., *X-Ray Astronomy*, D. Reidel Pub. Co., 1974.

L. E. PETERSON, *Instrumental Technique in X-Ray Astronomy*, Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Vol. 13, pag. 423, 1975.

I Nuclei Galattici Attivi (AGN)

J.S. MILLER, *Astrophysics of Active Galaxies and Quasi Stellar Objects*, University Science Books, 1985.

D.W. WEEDMAN, *Quasar Astronomy*, Cambridge Astrophysics Series, 1986.

D.E. OSTERBROCK, *Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei*, University Science Books, 1989.

R.D. BLANDFORD, H. NETZER, L. WOLTJER, *Active Galactic Nuclei*, Saas-Fee Advanced Course 20, Springer Verlag, 1990.

«23rd ESLAB Symposium», ESA SP-296 Vol. 2, 1989.

Articoli di rassegna:

M.J. REES, 1984, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, Vol. 22, p. 471.

W.G. MATHEWS, D.E. OSTERBROCK, 1986, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, Vol. 24, p. 171.

FISICA STELLARE

Docente: Corrado Bartolini

Contenuto del corso:

1) *Dati di osservazione*: grandezze fondamentali del Sole e delle stelle, temperature, luminosità, masse, raggi, distanze - metodi per ricavarle - metodo di Wesselink per determinare i raggi delle stelle variabili. Diagrammi H-R di popolazione I e II - sequenze di popolazioni stellari.

2) *Equazioni che reggono gli interni stellari*: equilibrio idrostatico e termico - trasporto radiativo e convettivo - criterio di Schwarzschild. Equazione di stato - pressione di radiazione - legge dei gas perfetti - degenerazione relativistica e non relativistica. Opacità - leggi di Kramer - media di Rosseland. Reazioni termonucleari - Cicli PP, CNO, 3 alfa - evoluzione delle stelle di piccole e grande massa.

Testi consigliati

R. KIPPENHAHN, A. WEIGERT, *Stellar structure and evolution*, Springer Verlag, 1994

M. SCHWARZSCHILD, *Structure and evolution of the stars*, Dover press, 1965

B. CESTER, *Corso di astrofisica*, Hoepli editore, 1984

GEOMETRIA

Docente: Rita Capodaglio Di Cocco

Tipo: annuale con esercitazioni

Crediti: 12

Esame: scritto e orale

Scopo del corso: Fornire agli studenti le nozioni fondamentali di Algebra lineare e Geometria analitica.

Contenuto del corso: Insiemi, relazioni, funzioni. Strutture algebriche: gruppi, anelli, campi. Numeri complessi ed equazioni algebriche. Spazi vettoriali sopra un campo: sottospazi, dipendenza lineare, basi, dimensione. Sistemi di equazioni lineari. Applicazioni lineari e matrici ad esse associate. Autovalori e autovettori. Spazi vettoriali con prodotto scalare. Forme quadratiche.

Elementi di geometria analitica nel piano: coordinate cartesiane e polari, rette, circonferenze, curve algebriche con particolare riguardo alle coniche. Punti semplici di una curva algebrica e relative tangenti, punti di flesso. Punti doppi di una curva algebrica con relative tangenti.

Elementi di geometria analitica nello spazio: coordinate cartesiane, polari e cilindriche. Rette e piani. Rappresentazione di curve e superficie. Sfere, circonferenze, coni, cilindri, superficie di rotazione, superfici algebriche con particolare riguardo alle quadriche.

Cenni di Geometria proiettiva: punti impropri e rette improprie. Il piano improprio. Coordinate omogenee. Classificazione proiettiva delle coniche.

Testi consigliati

M. ABATE, *Geometria*, McGraw-Hill, Milano, 1996.

S. ABEASIS, *Algebra lineare e geometria*, Zanichelli, Bologna.

S. GRECO - P. VALABREGA, *Lezioni di algebra lineare e geometria*, (vol. I e vol. II), Levrotto & Bella, Torino.

M. ROSATI, *Lezioni di Geometria*, Edizioni Libreria Cortina, Padova.

ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA

Docente: Franca Franchi

Tipo: annuale con esercitazioni

Crediti: 12

Esame: prova scritta e orale

Scopo del corso: Vengono esposti i fondamenti della meccanica newtoniana classica, della meccanica analitica, e della meccanica dei mezzi continui. Allo scopo di studiare i modelli matematici della meccanica, si forniscono anche nozioni di base sulle equazioni alle derivate parziali.

Contenuto del corso:

- Analisi vettoriale e tensoriale, ed elementi di geometria differenziale.
- Principi fondamentali della meccanica classica e sistemi dinamici.
- Sistemi a un grado di libertà: analisi qualitativa del moto.
- Analisi del moto di un punto materiale in un campo centrale: problema dei due corpi e problema ristretto dei tre corpi.
- Dinamica di un sistema di N punti libero e vincolato.

- Meccanica analitica: principi variazionali in formulazione lagrangiana e hamiltoniana.
- Elementi di teoria delle equazioni alle derivate parziali.
- Meccanica analitica: trasformazioni canoniche, parentesi di Poisson ed equazioni di Hamilton-Jacobi.
- Cinematica e dinamica del corpo rigido.
- Introduzione alla meccanica dei mezzi continui.

Testi consigliati

ARNOLD, *Metodi matematici della meccanica classica*, Editori Riuniti.

FASANO-MARMI, *Meccanica analitica*, Boringhieri.

GALLAVOTTI, *Meccanica elementare*, Boringhieri.

(integrati da appunti distribuiti durante il corso)

ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA

Docente: Ettore Remiddi

Tipo: 3° anno, annuale, 80 ore

Crediti: 15

Esame: prova scritta (fortemente raccomandata); prova orale (obbligatoria)

Scopo del corso: Far presente la rilevanza della Meccanica Quantistica nella descrizione scientifica dei fenomeni fisici, stante la struttura microscopica della materia; discutere il formalismo della Meccanica Quantistica; discuterne alcune applicazioni elementari di particolare importanza.

Contenuto del corso:

La struttura microscopica della materia. Esperimenti di interferenza; dualismo onda corpuscolo. Modello di Bohr-Sommerfeld e l'ipotesi di De Broglie. Il formalismo della Meccanica Quantistica: spazi di Hilbert, operatori lineari, autostati ed autovalori. Insiemi completi di autostati. Teoria della misura. Equazione di Schroedinger per l'evoluzione temporale, problema agli autovalori per la hamiltoniana. Regole di commutazione posizione-impulso. Trasformata di Fourier e rappresentazione degli impulsi. Commutatori e relazioni di indeterminazione di Heisenberg. Parità. Oscillatore armonico. Potenziali unidimensionali discontinui a tratti. Simmetrie, trasformazioni infinitesime e loro generatori. Le traslazioni e l'impulso. Rotazioni spaziali tridimensionali e momento angolare in Mecc. Quant., suoi autovalori ed autovettori. Autovalori seminteri e spin dell'elettrone. Combinazione di momenti angolari. Metodi approssimati: teoria delle perturbazioni e metodi variazionali. Atomo di idrogeno: limite coulombiano e struttura fina. Particelle identiche e principio di esclusione di Pauli. Interazione di un elettrone con il campo elettromagnetico.

Testi consigliati.

Dato il carattere istituzionale del corso, gli argomenti in programma si possono studiare in uno qualunque dei tanti ottimi trattati esistenti; lo studente è incoraggiato a scegliere liberamente secondo i propri gusti. Ferma restando tale libertà di scelta, si indicano solo come esempi:

- C. COHEN-TANNOUJI, B. DIU, F. LALOE: "*Mécanique quantique*" (in francese, ed. Hermann);
A. GALINDO, P. PASCUAL, "*Mecanica Cuántica*" (in spagnolo, ed. Eudema; anche in inglese: "*Quantum Mechanics*", ed. Springer);
J. CHAHOUD, "*Meccanica Quantistica*" (ed. Pitagora).
J. J. SAKURAI, "*Meccanica Quantistica Moderna*" (ed. Zanichelli);
E. ONOFRI, C. DESTRI, "*Istituzioni di Fisica Teorica*" (ed. Nuova Italia Sc.).
L. LANDAU, E. LIFSHITS, "*Fisica Teorica, Vol. III (Meccanica quantistica)*" (Ed. Riuniti)
P. CALDIROLA, R. CIRELLI, G. M. PROSPERI, "*Introduzione alla Fisica Teorica*" (ed UTET)

LABORATORIO DI ASTRONOMIA

Docente: Pierluigi Battistini

Tipo: annuale con esercitazioni

Crediti: 15

Esame: prova scritta ed orale

Scopo del corso: Fornire agli studenti alcuni strumenti tecnici per l'analisi dei dati astronomici.

Contenuto del corso: È costituito di due parti: 1) Introduzione all'uso del calcolatore elettronico. Introduzione sui calcolatori. Hardware e software. Architetture. Principi generali di programmazione. Concetti di problema, algoritmo, programma. Strutture. Cenni sui sistemi operativi. Uso del calcolatore: accesso al sistema, descrizione di alcuni comandi. Uso dell'editor. Linguaggi di programmazione ad alto livello. Compilatori ed interpreti. Linguaggio FORTRAN. Tipi di dati. Espressioni. Istruzioni di assegnazione, di specificazione e di controllo. Strutture di controllo. Programmazione modulare: sottoprogrammi. Istruzioni di Input/Output. Reti di calcolatori. Introduzione all'uso di Internet. Questa parte del corso è integrata da esercitazioni pratiche al calcolatore. 2) Parte astronomica. Lo spettro elettromagnetico. Radiazione termica da una sorgente ideale. Radiazione termica da una stella. Magnitudini e sistemi di magnitudini. Sistema fotometrico di Johnson. Magnitudini assolute ed eccesso di colore. Telescopi riflettori e aberrazioni dei sistemi ottici. Aberrazione cromatica, sferica, e di coma; astigmatismo, curvatura di campo, distorsione. La diffrazione della luce e la formazione dell'immagine. Potere risolutivo. Tipi di combinazioni ottiche e di telescopi. Telescopi della nuova generazione. Space telescope. Influenza dell'atmosfera sulle osservazioni astronomiche. Rifrazione. Turbolenza e scintillazione. Assorbimento ed estinzione. Luminosità di fondo del cielo notturno. Cenni sui rivelatori e loro prestazioni. Questa parte del corso è integrata da esercizi ed esercitazioni rivolte soprattutto a rendere lo studente familiare con i principi

delle tecniche fotometriche descritte.

Testi consigliati

T.M.R. ELLIS, *Programmazione strutturata in FORTRAN 77*, Zanichelli, Bologna, 1995.

G. WALKER, *Astronomical Observations - An Optical Perspective*, Cambridge University Press, 1987.

LABORATORIO DI RADIOASTRONOMIA

Docente: Carla Giovannini Fanti

Tipo: annuale con esercitazioni

Crediti: 12

Esame: orale

Scopo del corso: Dare i fondamenti delle tecniche radioastronomiche, con particolare riferimento alla trattazione delle immagini.

Contenuto del corso: Caratteristiche delle osservazioni radioastronomiche e confronto con le osservazioni astronomiche nel visibile. Campi della scienza esplorabili solo a grandi lunghezze d'onda. Caratteristiche principali di un radiotelescopio. Qualità dell'antenna, dei ricevitori e degli illuminatori. Descrizione dei principali strumenti ad «apertura piena». Gli interferometri come metodo per ottenere grandi poteri risolutivi: sintesi di apertura a rotazione terrestre e tecnica VLBI. Cenni alle trasformate di Fourier (teoremi rilevanti per la interferometria). Metodi per la ricostruzione delle immagini da dati interferometrici. Cenni alla applicazione delle tecniche radioastronomiche alla astronomia del visibile. Il corso è accompagnato da esercitazioni, che si svolgeranno in parte al computer, atte ad applicare, in casi semplici, le nozioni apprese. Tali esercitazioni sono da considerarsi parte integrante del corso.

Testi consigliati

J.D. KRAUS, *Radio Astronomy* (2nd edition), McGraw-Hill.

K. ROHLFS, *Tools of Radio Astronomy*, Springer-Verlag.

W.N. CHRISTIANSEN, J.A. HOGBOM, *Radiotelescopes*, (2nd edition) Cambridge University Press.

A.R. THOMPSON, J.M. MORAN, G.W. SWENSON, *Interferometry and Synthesis in Radio Astronomy*, John Wiley and Sons.

M. FELLI, R.E. SPENCER, *Very Long Baseline Interferometry - Techniques and Applications*, eds. NATO ASI series n. 283.

LABORATORIO DI TECNICHE ASTROFISICHE**Docente: Adalberto Piccioni****Tipo:** annuale con esercitazioni al telescopio**Crediti:** 12**Esame:** orale

Scopo del corso: Fornire una conoscenza di base della struttura della strumentazione astronomica di misura e mettere lo studente in condizione di progettare strumenti di piano focale e di programmare e gestire osservazioni fotoelettriche e spettroscopiche.

Contenuto del corso: Struttura ottico-meccanica di un fotometro fotoelettrico. Analisi dei possibili rivelatori. Elaborazione elettronica del segnale e tecnologia della misura analogica, dell'integrazione di carica e del conteggio di fotoni. Elaborazione dei dati e determinazione delle magnitudini fuori atmosfera; standardizzazione dei risultati. Tecniche di fotometria rapida: campionamento del segnale, analisi temporale e potenza spettrale. Struttura di un sistema di acquisizione di immagini CCD con integratore a doppio campionamento. Deconvoluzione della funzione di risposta strumentale. Strumentazione per misure spettroscopiche. Applicazione dell'analisi di Fourier alla descrizione del fronte d'onda uscente dal reticolo. Spettrofotometria e spettroscopia CCD. Deconvoluzione del profilo strumentale. Misura del continuo e delle righe.

Testi consigliati

A.A. HENDEN, R.H. KAITCHUCK, *Astronomical Photometry*, Van Nostrand Reinhold C., New York, ISBN 0-442-23647-6.

R.C. GONZALES, P. WINTZ, *Digital Image Processing*, Addison Wesley P.C. Reading, Ma ISBN 0-201-03045-4.

D.F. GRAY, *The Observation and Analysis of Stellar Photospheres*, John Wiley & S. New York.

MECCANICA CELESTE**Docente: Adriano Guarnieri Minnucci****Tipo:** annuale**Crediti:** 12**Esame:** orale

Scopo del corso: A partire da alcune nozioni fondamentali di Meccanica Celeste (problema dei due, tre, n corpi, teoria delle perturbazioni), il corso intende offrire allo studente una panoramica generale dei sistemi stellari doppi e multipli, considerati sotto il profilo osservativo, della loro evoluzione dinamica e dei problemi inerenti al trasferimento di massa. Il corso inoltre fornisce i concetti fondamentali relativi alle questioni

dell'accrescimento di materia su oggetti compatti (nane bianche, stelle di neutroni, buchi neri) e ne illustra alcune applicazioni astrofisiche (variabili cataclismiche, binarie X, Gamma-Ray Bursters).

Contenuto del corso: Alcuni richiami di meccanica classica. Il problema dei due corpi. Le equazioni del moto. Orbite ellittiche, paraboliche, iperboliche. L'equazione di Keplero. Il problema degli n corpi. Le equazioni del moto e gli integrali generali. Il problema dei tre corpi. Le soluzioni di Lagrange. Il problema dei tre corpi ristretto. L'integrale di Jacobi e le superfici di velocità zero. La stabilità delle soluzioni particolari. Il problema generale dei tre corpi. Cenni sulla teoria delle perturbazioni. I sistemi di stelle doppie. Le stelle doppie strette. Il modello di Roche. Classificazione dei sistemi binari. Il problema del trasferimento e/o perdita di massa. Dinamica dei sistemi di stelle doppie strette. Perturbazione degli elementi orbitali. Origine ed evoluzione dei sistemi binari. L'accrescimento di materia come sorgente di energia. Cenni di dinamica dei gas. Le equazioni fondamentali. Flussi stazionari adiabatici e isotermi. Onde soniche. Accrescimento stazionario a simmetria sferica. Accrescimento nei sistemi binari. Flusso dal lobo di Roche. La formazione del disco di accrescimento e sua struttura. Accrescimento da vento stellare. Accrescimento su oggetti compatti: il quadro osservativo e i modelli interpretativi. Le variabili cataclismiche. Le binarie X di piccola massa. Le binarie X di grande massa. I gamma-ray bursters.

Testi consigliati

F.R. MOULTON, *An introduction to celestial mechanics*, Dover pub., 1970.

A.E. ROY, *Orbital motion*, Hilger Ltd, 1982.

J. FRANK, A.R. KING, A.J. RAINE, *Accretion power in Astrophysics*, Cambridge Univ. Press, 1985.

METODI MATEMATICI DELL'ASTRONOMIA

Docente: Alberto Venni

Tipo: annuale

Crediti: 12

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire alcune conoscenze avanzate di Analisi Matematica, Analisi Funzionale e Geometria Differenziale a studenti interessati ad aspetti teorici dell'Astrofisica.

Contenuto del corso

Secondo gli interessi degli studenti che frequentano il corso, saranno svolti alcuni dei seguenti argomenti:

- Funzioni olomorfe di una variabile complessa.

- Spazi di Hilbert e serie di Fourier.
- Trasformazione di Fourier in L^1 e in L^2 .
- Elementi di teoria delle distribuzioni.
- Nozioni fondamentali sulle varietà riemanniane.

Testi consigliati

Appunti distribuiti durante il corso

PLANETOLOGIA

Docente: Corrado Bartolini

Contenuto del corso:

- Importanza dello studio del sistema solare nella storia della scienza. Planetologia comparata: una nuova visione del sistema solare alla luce delle esplorazioni spaziali. Confronto tra le grandezze fondamentali dei singoli pianeti: masse, raggi, densità, periodi di rotazione, composizione chimica, atmosfere, superfici, strutture interne, campi magnetici, fenomeni vulcanici, satelliti, anelli.
- Recenti missioni di esplorazione del sistema solare.
- Marte, sua struttura ed evoluzione, possibilità di vita su di esso.
- Pianetini, comete, sciami meteorici, centauroi, Kuiper Belt objects, natura di Plutone, pericoli di impatto sulla Terra di corpi celesti.
- Pianeti extrasolari, stelle in formazione e origine del sistema planetario.

Testi consigliati

A. BRACCESI, G. CAPRARA, M. HACK, *Alla scoperta del Sistema Solare*, Mondadori., 1993
K.R. LANG, C.A. WHITNEY, *Vagabondi nello spazio*, Zanichelli, Bologna, 1994

RADIOASTRONOMIA

Docente: Roberto Fanti

Tipo: annuale e semestrale

Crediti: 12 per il corso annuale; 6 per il I semestre; 6 per il II

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire i concetti base dei processi di produzione di radiazione di interesse astrofisica. Presentare le tematiche più moderne della ricerca astronomica alla lunghezze d'onda radio, inquadrando nelle problematiche più generali della moderna ricerca astrofisica.

Contenuto del corso:

- Processi fisici di produzione di radiazione: radiazione di breemstrhalung termica; radiazione di sincrotrone; effetto Compton Inverso; Comptonizzazione; elementi di magneto-idrodinamica; onde d'urto; propagazione delle onde; processi di accelerazione di particelle cariche.
- La galassia come sorgente di radiazione non termica: relazioni con l'astrofisica dei raggi cosmici; il campo magnetico galattico; l'origine dei raggi cosmici. Supernovae e resti di supernovae. Pulsar e stelle di neutroni.
- La materia interstellare: distribuzione, composizione, cinematica.
- Le galassie a spirale come sorgenti di emissione radio. Il gas interstellare e la sua cinematica. Determinazioni di massa.
- L'emissione radio da radiogalassie e le quasar. Connessioni con i nuclei galattici attivi. Modelli di formazione.
- Radioastronomia e Cosmologia: conteggi di radiosorgenti e quasar; loro evoluzione cosmologica; radiazione cosmologica di corpo nero.

Testi consigliati

C. e R. FANTI, *Dispense di Radioastronomia*, disponibili presso la biblioteca del Dip. Astronomia

M.S. LONGAIR, *High Energy Astrophysics*, Cambridge Univ. Press.

KELLERMANN e VERSCHUR, *Galactic and Extragalactic Radio Astronomy*, Springer, Verlag.

Note per lo studente: Il programma del primo semestre riguarda i punti 1), 2), 3). Quello del secondo semestre riguarda i punti 1), 4), 5), 6).

STORIA DELL'ASTRONOMIA

Docente: Fabrizio Bònoli

Tipo: annuale

Crediti: 12

Esame: orale

Scopo del corso: Il corso si propone di seguire l'evoluzione storica dell'idea di spazio in astronomia attraverso lo studio delle misure delle distanze, partendo dalle prime misure eseguite dai filosofi naturali Greci fino al moderno concetto di scala delle distanze cosmologiche e cercando di porre maggiore attenzione sulle implicazioni che l'evoluzione del concetto di spazio ha prodotto nello sviluppo delle tematiche di ricerca e della strumentazione astronomica.

Contenuto del corso: Archeoastronomia; l'astronomia babilonese ed egiziana, la scuola ionica, l'astronomia della grecia classica e le prime misure della Terra e dei corpi celesti, Aristarco ed il sistema eliocentrico, Ipparco, la scuola d'Alessandria e Tolomeo, la fine dell'astronomia antica e l'astronomia araba, la scienza medievale e la rinascita

dell'anno Mille, la fine della scienza medievale e Copernico, Tycho Brahe, Keplero, Galileo, Newton e la Rivoluzione scientifica, il ruolo degli strumenti d'osservazione nella definizione del nuovo Sistema del Mondo, l'astronomia settecentesca e ottocentesca, la meccanica celeste e la nascita dell'astrofisica, l'universo in evoluzione.

Compatibilmente con la programmazione didattica e con le disponibilità degli studenti frequentanti, nel corso dell'anno verranno svolti alcuni seminari da parte di altri docenti di discipline di carattere storico-scientifico, onde approfondire alcuni aspetti dello sviluppo del pensiero astronomico in relazione con lo sviluppo del pensiero scientifico in generale. Si potranno concordare con gli studenti eventuali approfondimenti critici di argomenti del programma o di argomenti collaterali al programma, anche suggeriti dagli studenti stessi. Per l'esame si richiederà allo studente una preparazione di base sull'evoluzione storica complessiva dell'astronomia, anche in relazione agli argomenti svolti nel corso. Larga parte dell'esame verterà su un argomento monografico, particolarmente approfondito, scelto insieme al docente.

Testi consigliati

ANTON PANNEKOEK, *A History of Astronomy*, Dover, New York, 1989.

JEAN-PIERRE VERDET, *Storia dell'astronomia*, Longanesi & C., Milano, 1995.

JOHN NORTH, *The Fontana History of Astronomy and Cosmology*, Fontana Press, Harper Collins, London 1994.

STRUTTURA DELLA MATERIA

Docente: Loris Ferrari

Tipo: semestrale

Crediti: 7.5

Esame: orale

Contenuto del corso:

Parte I: Elementi di Termodinamica Statistica

I principî della Termodinamica. Sistemi microcanonici e distribuzione microcanonica. Sistemi canonici e distribuzione canonica. La formula di Boltzmann. Limite dei Grandi Numeri. La funzione di partizione. L'energia libera di Helmholtz e di Gibbs. Equazioni di stato. I calori specifici a volume e a pressione costante. Limite dei calori specifici a bassa temperatura.

Parte II: Sistemi di Particelle non Interagenti

Il Gas Perfetto come sistema microcanonico. Distinguibilità e indistinguibilità di particelle identiche. Gas di Fermioni e di Bosoni. Limiti di non degenerazione. Funzione di partizione di un gas non degenerare. Equazione di stato dei Gas Perfetti (non degeneri). Distribuzione di Maxwell-Boltzmann delle velocità. Equilibrio chimico delle reazioni gassose: la formula di Saha. Gas di bosoni massivi. La condensazione di Bose. Gas di fermioni. Il livello di Fermi allo zero assoluto. Energia interna e calori specifici per un gas

di fermioni molto degeneri. Numero di fermioni «efficaci».

Parte III: Sistemi Interagenti Separabili

I solidi come insiemi di oscillatori armonici accoppiati. Teoria classica delle piccole oscillazioni: frequenze e modi propri Teoria e approssimazione di Debye del solido continuo. Calori specifici dei solidi classici. Legge di Dulong-Petit. Calore specifico di Debye. Il Corpo Nero. Leggi di Stefan-Boltzmann e di Wien. Potere emissivo e assorbente. Teorema di Kirchoff. Scomposizione del campo elettromagnetico in oscillatori armonici. Trattazione classica del Corpo Nero: catastrofe ultravioletta. Trattazione quantistica del Corpo Nero: legge di Planck. Analogia tra oscillatori armonici distinguibili e bosoni senza massa. Fotoni e Fononi. Elettroni interagenti nella materia. Posizione del livello di Fermi in un sistema a due bande. Metalli, Isolanti e Semiconduttori. Effetti relativistici allo zero assoluto per un gas di fermioni.

Testi consigliati

C. KITTEL, *Elementary statistical Physics* (New York - Wiley Interscience).

MA SHANG-KENG, *Statistical Mechanics* (World Scientific - Singapore).

M. BORN, *Fisica Atomica* (Boringhieri - Bologna).

TEORIA E TECNICHE DI ELABORAZIONE DELL'IMMAGINE

Docente: Orazio Bendinelli

Tipo: annuale con esercitazioni di elaborazioni di immagini

Crediti: 12

Esame: orale, comprendente la discussione degli elaborati

Scopo del corso: Fornire allo studente le basi numeriche, fisiche e statistiche necessarie per un approccio corretto ai problemi di elaborazione e di analisi (interpretazione) delle immagini astronomiche.

Contenuto del corso: Sistemi lineari mal condizionati. Trasformazioni integrali mono e multidimensionali. Trasformate di Fourier discrete. Complessità computazionale. Problemi inversi numericamente instabili. Caratterizzazione matematica di immagini continue e discrete. Campionamento e quantizzazione di immagini. Formazione e acquisizione di immagini astronomiche degradate dagli effetti strumentali e dalla turbolenza atmosferica. Determinazione della funzione di risposta strumentale totale (PSF) relativa a immagini astronomiche acquisite da terra dallo spazio. La ricostruzione di immagini (deconvoluzione dalla PSF) vista come problema inverso. Limitazioni alla ricostruzione di immagini dovute al rumore sui dati ed alla instabilità numerica. La stabilizzazione dei procedimenti di deconvoluzione mediante regolarizzazione di Tichonov, filtraggio numerico inverso di Wiener e metodi bayesiani. Deproiezione di immagini di forma regolare. Estrazione di caratteristiche fisiche rilevanti da immagini. Stima lineare e non lineare dei parametri caratterizzanti modelli fisici assunti per rappresentare gli oggetti

astronomici osservati.

Testi consigliati

R.C. GONZALES and R.E. WOODS, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Pub.

I.J.D. CRAIG and J.C. BOWN, *Inverse Problems in Astronomy*, Adam Hilger Pub.

R.L. WHITE and R.J. ALLEN, *The Restoration of HST Images and Spectra*, STScI.

J.V. BECK and K.J. ARNOLD, *Parameter Estimation in Engineering and Science*, John Wiley & Sons Pub.

A.N. TIKHONOV and A.V. GONCHARSKY, *Ill-Posed Problems in Natural Sciences*, MIR Pub.

**Corso di Laurea
in
BIOTECNOLOGIE**

CORSO DI LAUREA IN BIOTECNOLOGIE

Introduzione

AVVERTENZE

Il corso di laurea è organizzato in 5 anni, Il corso di studi è suddiviso in un biennio propedeutico ed in un triennio di indirizzi nelle Facoltà di Agraria, Farmacia, Medicina e Chirurgia, Scienze MM.FF.NN. e Medicina Veterinaria.

In questa guida è riportato il piano di studi del biennio e dell'indirizzo biotecnologie industriali che fanno capo alla Facoltà di Scienze MM.FF.NN.

FINALITÀ

L'Ordinamento degli studi dei diversi indirizzi dovrà fornire al laureato competenze specifiche dei vari settori professionali. In particolare il *biotecnologo agrario vegetale* dovrà essere in grado di modificare con tecniche innovative la capacità produttiva qualitativa e quantitativa della pianta in relazione alle condizioni ambientali e colturali tenendo conto della utilizzazione del prodotto in termini alimentari ed industriali; il *biotecnologo farmaceutico* dovrà essere in grado di progettare molecole bioattive da ottenere attraverso processi biotecnologici analizzandone le proprietà chimiche e farmacologiche; il *biotecnologo industriale* dovrà essere in grado di progettare, isolare, analizzare e caratterizzare molecole ottenibili attraverso processi biotecnologici, ed anche di ottimizzare la produzione industriale tenendo conto della tutela dell'ambiente e della salute; il *biotecnologo medico* dovrà coniugare una solida preparazione di base ad una adeguata conoscenza della patologia umana al fine di sviluppare e trasferire strumenti biotecnologici innovativi ai settori della diagnosi, della prevenzione e della terapia; il *biotecnologo veterinario* utilizzerà biotecnologie innovative per aumentare la produttività animale, per produrre alimenti igienicamente sani, per aumentare la resistenza alle malattie e per mantenere il benessere degli animali.

Il Corso di Laurea si svolge per corsi monodisciplinari e integrati, organizzati per raggiungere gli obiettivi didattici indicati nelle singole aree.

Le aree culturali sono suddivise in aree comuni per tutti gli indirizzi del corso di laurea e in aree specifiche caratterizzanti il singolo indirizzo che si aggiungono integrandosi alle

aree comuni e costituiscono il completamento della laurea in Biotecnologie.

La frequenza dei corsi è obbligatoria. L'impegno didattico complessivo è di circa 3200 ore, 1250 delle quali comuni per tutti gli indirizzi delle diverse Facoltà. Delle restanti ore, da un minimo di 450 ad un massimo di 900 ore, a seconda dell'indirizzo prescelto, sono riservate al Consiglio della struttura didattica per specifiche esigenze formative. L'attività didattica deve essere svolta per almeno il 25% sotto forma di attività tecnico-pratiche.

Per essere ammesso all'esame di laurea lo studente dovrà aver sostenuto 30 esami. Lo studente dovrà dimostrare di aver appreso la conoscenza pratica e la comprensione di almeno una lingua straniera di rilevanza scientifica.

AMMISSIONE

NORME PER L'AMMISSIONE

L'ammissione al primo anno di corso è regolata da un esame, sulla base del numero dei posti disponibili, che per l'anno accademico 1994/95 è stato determinato in 100.

L'ammissione avviene secondo un ordine di graduatoria stabilito in base ad un punteggio, riportato in ottantesimi e così ripartito:

70/80 riservati all'esito di un test a scelta multipla vertente su nozioni generali relative ad argomenti di matematica, fisica, chimica, biologia, atti a verificare le conoscenze di base ed attitudini logiche dei candidati.

10/80 riservati al punteggio riportato nell'esame finale per il conseguimento del diploma di scuola media superiore. Tale punteggio è stato stabilito come segue: da 36 a 39 = 0 punti; da 40 a 44 = 2 punti; da 45 a 49 = 4 punti; da 50 a 54 = 6 punti; da 55 a 59 = 8 punti; 60 = 10 punti.

DOMANDA DI AMMISSIONE

La domanda di ammissione al concorso, redatta su apposito modulo distribuito presso la Segreteria di Scienze MM.FF.NN., deve essere presentata o fatta pervenire all'ufficio della segreteria stessa in via Zamboni 33.

Alla domanda deve essere allegata copia autenticata in bollo del diploma di scuola media superiore, oppure il relativo certificato contenente comunque l'indicazione della votazione riportata.

Tale procedura dovrà essere seguita anche dagli studenti iscritti ad altro corso di laurea che intendano trasferirsi al corso di laurea in Biotecnologie e dagli studenti già in possesso di altro titolo accademico.

PROGRAMMA ESAME DI AMMISSIONE

Biologia Generale

- Caratteristiche generali e modalità di classificazione degli organismi viventi.
- Livelli di organizzazione dei viventi.
- I comportamenti chimici del protoplasma: struttura e significato biologico.
- La cellula: caratteristiche generali, struttura e significato biologico.
- La cellula: caratteristiche generali, i tessuti epiteliali, i tessuti connettivi, i tessuti muscolari, il tessuto nervoso, sangue e linfa.
- La riproduzione delle cellule e degli organismi: mitosi, riproduzione agamica e sessuata, gametogenesi, fecondazione e sviluppo embrionale.
- Principi di genetica: leggi di Mendel, basi cromosomiche dell'eredità, mutazioni, l'eredità nell'uomo.
- La sessualità nell'uomo: determinazione del sesso, differenziazione del sesso, caratteri sessuali secondari.
- Il gene e il codice genetico.
- Cenni sull'evoluzione dei viventi.
- Principi di ecologia: struttura e funzione dell'ecosistema.
- Interazione tra organismi viventi.
- Principi di anatomia dell'uomo.

Chimica

- Concetti di struttura atomica e particelle subatomiche (elettroni, nucleo: protone, neutrone).
- Isotopi.
- Concetto di legame chimico: molecole.
- Atomo e grammo atomo; molecola e grammo molecola o mole; numero di Avogadro.
- Stato gassoso e sue leggi.
- Stato di soluzione; concetto di concentrazione.
- Concetto di velocità di reazione e di equilibrio chimico,
- Acidi, basi, sali.
- Ossidanti e riducenti.
- Concetto di pH.
- Sostanze elementari; idruri; ossidi; ecc.
- Chimica del carbonio: idrocarburi; composti monofunzionali (alogenuri, alcoli, eteri, ecc.); cenno ai composti polifunzionali (zuccheri, amminoacidi, proteine, grassi, ecc.).

Logica-cultura generale

Fisica-matematica

- Errori assoluti e relativi nelle cifre - Cifre «certe» e «significative» e approssimazioni nei calcoli.
- «Dimensioni» delle grandezze fisiche: numeri puri.
- Nozioni di grandezza vettoriale e scalare.
- Sistemi di unità di misura: concetti generali.
- Moti rettilinei: spostamento velocità ed accelerazione.
- Moti piani: velocità ed accelerazione tangenziale e centripeta.

- Elementi della dinamica e statica.
- Elementi sulla costituzione della materia.
- Temperatura e calore.
- Leggi dei gas perfetti.
- Energia: produzione e trasformazione.
- Concetti di elettrostatica: campo elettrico. Correnti elettriche continue: leggi di Ohm. Ottica geometrica.
- Concetto di onda: lunghezza d'onda, frequenza.
- Numeri reali: prodotti notevoli, potenze e logaritmi,
- Equazioni e disequazioni di 1° e 2° grado.
- Sistemi di equazioni lineari.
- Concetto di numero complesso.
- Nozioni di geometria euclidea.
- Angoli e loro unità di misura - Elementi di trigonometria.
- Diagrammi cartesiani.
- Grandezze vettoriali.
- Elementi di geometria analitica piana: rette, parabole, ellissi, iperboli, funzioni logaritmiche, esponenziali e trigonometriche.

Il livello di conoscenza richiesto nella prova di esame è quello dei programmi ministeriali della Scuola Media Superiore ed è intesa ad individuare il livello di cultura generale del candidato, allo scopo di formulare una graduatoria che consenta la copertura dei posti disponibili. I quiz saranno 70 da risolvere in 60 minuti.

ESAME DI AMMISSIONE E GRADUATORIA

I candidati saranno ammessi a sostenere l'esame solo previa esibizione di un documento d'identità valido da consegnare all'atto dell'esame, o di una fotografia, autenticata e bollata.

I cittadini CEE con residenza anagrafica in Italia che presentino domanda di ammissione al concorso dovranno preliminarmente superare anche la prova di conoscenza della lingua italiana.

Espletate le operazioni concorsuali, verrà compilata la graduatoria generale di merito. In calce sarà indicato il numero dei candidati effettivamente ammessi in relazione alla disponibilità dei posti.

In caso di parità di punteggio si darà preferenza nella graduatoria al punteggio maggiore nella prova scritta. In caso di ulteriore parità si darà precedenza a chi avrà punteggio maggiore nel diploma di maturità; in caso di ulteriore parità si procederà all'estrazione a sorte dei nominativi che dovranno procedere in graduatoria e nell'ordine.

La graduatoria sarà affissa alle bacheche della Segreteria della Facoltà di SS.MM.FF.NN. Tale affissione rappresenterà l'unico mezzo di pubblicità sull'esito della prova.

ISCRIZIONE

L'iscrizione al corso di laurea in Biotecnologie è disposta secondo l'ordine della graduatoria.

Studenti che si iscrivono per la prima volta:

Dovranno presentare all'ufficio della segreteria di SS.MM.FF.NN. la seguente documentazione:

- domanda di immatricolazione redatta su apposito modulo rilasciato da qualsiasi agenzia della Carimonte Banca S.p.A. contestualmente alla ricevuta del pagamento della prima rata di tasse (per effettuare il predetto pagamento occorre esibire al cassiere apposito nulla-osta all'immatricolazione da ritirare presso la Segreteria);
- diploma originale di studi medi superiori, ovvero certificato provvisorio (questo solo per i diplomati dell'anno scolastico ultimo scorso);
- n. 3 fotografie formato tessera, una delle quali autenticata su carta bollata;
- scheda statistica, debitamente compilata;
- certificato di laurea o di diploma, in carta legale, con indicazione degli esami sostenuti, per coloro che sono in possesso di titolo accademico (ne sono esonerati i laureati e diplomati presso l'università degli Studi di Bologna).

Si precisa che non saranno prese in considerazione domande di immatricolazione pervenute in Amministrazione a mezzo posta in data posteriore a quella fissata per la scadenza.

Si precisa, inoltre, che il pagamento della prima rata di tasse non costituisce immatricolazione: questa dovrà essere perfezionata con la presentazione alla Segreteria dell'apposita domanda e dei documenti necessari, entro l'inderogabile termine fissato. In caso contrario lo studente decade dal diritto all'immatricolazione.

Studenti che provengono da altri corsi di laurea dell'Università degli Studi di Bologna o di altri Atenei:

Qualora ammessi, dovranno, prima di effettuare l'iscrizione, chiudere la posizione precedente presentando alla Segreteria di provenienza (e presso l'università di provenienza) la domanda ed il relativo nulla-osta al trasferimento per l'università degli Studi di Bologna, Corso di laurea in Biotecnologie.

Gli studenti devono poi presentare domanda di iscrizione al corso di laurea in Biotecnologie presso la Segreteria di SS.MM.FF.NN.; domanda condizionata al perfezionamento del congedo, corredata dai documenti di rito, nonché dall'attestazione che hanno presentato domanda di trasferimento.

Gli studenti possono, invece del trasferimento, presentare domanda di rinuncia agli studi compiuti presso la segreteria di provenienza (prestando particolare attenzione alle norme che regolano la rinuncia stessa).

I candidati che intendono rinunciare all'immatricolazione (o all'iscrizione) dovranno darne immediata comunicazione scritta alla Segreteria per consentire il rapido recupero dei posti.

Comunque ed in ogni caso, i candidati classificatisi vincitori che non ottempereranno agli adempimenti entro il termine stabilito saranno considerati tacitamente rinunciari e i relativi posti saranno messi a disposizione degli altri candidati secondo l'ordine della graduatoria dell'esame di concorso.

A seguito di rinuncia espressa o tacita da parte dei vincitori, i successivi in graduatoria potranno ottenere l'immatricolazione (o l'iscrizione) al corso di laurea in Biotecnologie presentando all'ufficio della Segreteria la documentazione richiesta per i vincitori. Scaduto tale termine, coloro che non avranno ottemperato a quanto sopra esposto saranno considerati anch'essi rinunciari.

ULTERIORI AVVERTENZE SULL'AMMISSIONE

Si procederà alla selezione per concorso solo nel caso in cui il numero delle domande sia superiore a quello dei posti fissati dalle Autorità Accademiche. Al fine dell'esatta determinazione del predetto numero si farà riferimento alle sole domande dei cittadini italiani e degli studenti stranieri considerati «fuori contingente».

Nell'ipotesi che non si proceda a concorso per la qualità limitata delle domande inoltrate, saranno accolte tutte le domande presentate; in tal caso verrà esposto apposito avviso nella bacheca della Facoltà di SS.MM.FF.NN. alcuni giorni dopo quello fissato per la scadenza delle domande.

Nell'ipotesi che, pur procedendo a concorso, i candidati presenti alla prova siano in numero inferiore a quello dei posti disponibili, saranno ammessi tutti coloro che si sono presentati alla predetta prova: in tal caso la comunicazione verrà data immediatamente dopo l'accertamento delle presenze.

In entrambi i casi in cui non si proceda a concorso gli studenti stranieri appartenenti a categorie considerate «fuori contingente» dovranno comunque sostenere e superare la prova di ammissione secondo le normative ministeriali in vigore,

Tutti gli iscritti che hanno presentato nei termini la domanda di pre-iscrizione dovranno comunque perfezionare l'immatricolazione con la presentazione dei documenti di rito entro e non oltre il termine fissato.

ARTICOLAZIONE DEL CORSO DI LAUREA

AREE FONDAMENTALI COMUNI PER TUTTI GLI INDIRIZZI

- 1) Area matematica
- 2) Area fisica
- 3) Area chimica
- 4) Area biologia generale

- 5) Area genetica
- 6) Area microbiologia
- 7) Area immunologia
- 8) Area biochimica
- 9) Area tecnologie cellulari e biomolecolari
- 10) Area biologia molecolare
- 11) Area economico-normativa e bioetica
- 12) Area farmacologia generale

AREE FONDAMENTALI SPECIFICHE PER INDIRIZZO

INDIRIZZO BIOTECNOLOGIE AGRARIE VEGETALI (Facoltà di Agraria)

- 13) Area biologia delle piante agrarie e forestali
- 14) Area biochimica delle piante agrarie e forestali
- 15) Area scienza e tecnica delle coltivazioni
- 16) Area microbiologia agraria
- 17) Area difesa delle colture
- 18) Area chimica e biochimica dei metaboliti di interesse applicativo
- 19) Area della genetica agraria
- 20) Area delle biotecnologie vegetali
- 21) Area dell'economia e gestione aziendale

INDIRIZZO BIOTECNOLOGIE FARMACEUTICHE (Facoltà di Farmacia)

- 13) Area chimica
- 14) Area struttura-funzione organismi viventi
- 15) Area fisiologia ed elementi di biofisica
- 16) Area patologia generale
- 17) Area basi farmacologiche dell'approccio terapeutico
- 18) Area tecnico farmaceutica

INDIRIZZO BIOTECNOLOGIE INDUSTRIALI (Facoltà di Scienze MM.FF.NN.)

- 13) Area chimica
- 14) Area della genetica molecolare e della biologica molecolare
- 15) Area della enzimologia e della biochimica cellulare
- 16) Area immunologia molecolare
- 17) Area chimica delle fermentazioni e biochimica industriale
- 18) Area impianti e processi biotecnologici
- 19) Area economia e gestione aziendale

INDIRIZZO BIOTECNOLOGIE MEDICHE (Facoltà di Medicina e Chirurgia)

- 13) Area delle strutture biologiche integrate
- 14) Area delle funzioni biologiche integrate

- 15) Area della biologia cellulare e molecolare e della genetica
- 16) Area della biologia dei microrganismi
- 17) Area della patologia umana
- 18) Area della farmacologia
- 19) Area delle biotecnologie riproduttive
- 20) Area della diagnostica biotecnologica
- 21) Area della terapia genica
- 22) Area della epidemiologia e medicina molecolare e della metodologia della ricerca

INDIRIZZO BIOTECNOLOGIE VETERINARIE (Facoltà di Medicina Veterinaria)

- 13) Area biochimica veterinaria
- 14) Area microbiologia veterinaria
- 15) Area anatomia e fisiologia veterinaria
- 16) Area patologia ed immunologia veterinaria
- 17) Area riproduzione animale
- 18) Area farmacologia e tossicologia veterinaria
- 19) Area produzioni animali
- 20) Area diagnostica e profilassi veterinaria
- 21) Area igiene e tecnologia degli alimenti di origine animale
- 22) Area tecnologie di allevamento e benessere animale
- 23) Area legislazione
- 24) Area bioprotesi

INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA IN BIOTECNOLOGIE

1° anno

<i>I semestre</i>	<i>II semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Corso integrato Matematica: <ul style="list-style-type: none"> - Istituzioni di matematiche - Fondamenti di informatica • Corso integrato Chimica I: <ul style="list-style-type: none"> - Chimica generale ed inorganica - Chimica fisica • Corso integrato Biologia generale e genetica: <ul style="list-style-type: none"> - Biologia generale - Genetica I 	<ul style="list-style-type: none"> • Corso integrato Fisica: <ul style="list-style-type: none"> - Fisica I - Fisica II • Corso integrato Biologia cellulare e biotecnologie cellulari: <ul style="list-style-type: none"> - Biologia cellulare - Biotecnologie cellulari • Corso integrato Chimica II: <ul style="list-style-type: none"> - Chimica organica - Laboratori di chimica

2° anno

<i>I semestre</i>	<i>II semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Corso integrato Biochimica • Corso integrato Biologia molecolare e 	<ul style="list-style-type: none"> • Corso integrato Biologia cellulare, immunologia e Laboratorio di

genetica molecolare: - Biologia molecolare I - Biologia molecolare II - Genetica molecolare • Corso monodisciplinare: - Nozioni giuridiche fondamentali • Corso integrato Microbiologia: - Microbiologia I - Microbiologia II - Laboratorio di microbiologia	tecnologie genetiche: - Biochimica cellulare - Immunologia - Laboratorio di tecnologie genetiche • Corso integrato Farmacologia: - Farmacologia - Tossicologia cellulare • Corso integrato Biologia delle piante agrarie e forestali: - Fisiologia delle piante coltivate - Biologia delle piante arboree I
---	--

INDIRIZZO IN BIOTECNOLOGIE INDUSTRIALI
1625 ore

<i>CORSO</i>	<i>ANNO</i>	<i>SEM.</i>	<i>ESAMI</i>
C.I. Chimica III: 100 ore (11932) Chimica analitica (50 ore) (90) Laboratorio di chimica analitica (50 ore) (11291) <i>Mutuato con gli indirizzi Farmaceutico e Veterinario</i>	III	I	1
C.I. Biochimica strutturale: 100 ore (12933) Biochimica III (100 ore) (14080) M.D. Biochimica III (25 ore) M.D. Metodologie biochimiche (25 ore) M.D. Biofisica I (25 ore) M.D. Biochimica agraria (25 ore) <i>Mutuato con gli indirizzi Medico, Farmaceutico, Veterinario e Agrario</i>	III	I	1
C.I. Fisiologia cellulare: 100 ore (12941) Fisiologia cellulare (50 ore) (12939) Fisiologia molecolare delle piante (50 ore) (12942) M.D. Fisiologia molecolare delle piante (25 ore) M.D. Biotecnologie vegetali (25 ore)	III	I	1
C.I. Microbiologia industriale I: 100 ore (14071) Biotecnologia delle fermentazioni (50 ore) (8137) Laboratorio di microbiologia industriale (50 ore) (12944) <i>Mutuato con l'indirizzo Farmaceutico</i>	III	II	1
C.I. Biologia ed immunologia molecolari: 100 ore (12945) Biologia molecolare III (50 ore) (12946) Immunologia II (50 ore) (12947) <i>Mutuato con gli indirizzi Medico e Farmaceutico</i>	III	II	1
C.I. Chimica IV: 75 ore (12934) Chimica organica II (75 ore) (152)	III	II	1

C.I. Strutturistica biomolecolare: 75 ore (12948) Chimica bioinorganica (75 ore) (10587) M.D. Chimica bioinorganica I (25 ore) M.D. Chimica bioinorganica II (25 ore) M.D. Metodi fisici in chimica organica II (25 ore) <i>Mutuato con l'indirizzo Farmaceutico</i>	III	II	1
C.I. Biochimica cellulare e molecolare: 150 ore (13275) Biochimica cellulare II (50 ore) (13276) Biologia molecolare IV (50 ore) (13277) Tecnologie ricombinanti (50 ore) (12953) <i>Mutuato con l'indirizzo Medico</i>	IV	I	1
C.I. Microbiologia industriale II: 100 ore (13278) Microbiologia ambientale (50 ore) (13279) Biochimica industriale (50 ore) (8127)	IV	I	1
C.I. Chimica V: 125 ore (13267) Chimica biorganica (75 ore) (10588) M.D. Chimica biorganica I (25 ore) <i>Mutuato con l'indirizzo Farmaceutico</i> M.D. Chimica biorganica II (25 ore) <i>Mutuato con l'indirizzo Farmaceutico</i> M.D. Metodi fisici in chimica organica III (25 ore) <i>Mutuato con l'indirizzo Farmaceutico</i> Chimica fisica (50 ore) (6465) M.D. Chimica fisica I (25 ore) <i>Mutuato con l'indirizzo Farmaceutico</i> M.D. Chimica fisica II (25 ore)	IV	I	1
C.I. Tecnologie biomolecolari con elaboratore: 100 ore (13280) Modelli di sistemi biologici (50 ore) (12921) Biofisica II (50 ore) (13281)	IV	II	1
C.I. Immunologia e virologia molecolare: 150 ore (13282) Immunologia III (50 ore) (13264) Laboratorio di immunopatologia (50 ore) (13283) Virologia molecolare (50 ore) (13269) <i>Mutuato con gli indirizzi Medico e Farmaceutico</i>	IV	II	1
C.I. Chimica VI: 75 ore (13284) Chimica organica industriale (75 ore) (11251) M.D. Chimica organica industriale (50 ore) M.D. Chimica fisica industriale (25 ore)	IV	II	1
C.I. Impianti e processi biotecnologici: 150 ore (14077) Fondamenti di impianti biochimici (50 ore) (14078) Impianti biochimici (50 ore) (10404) Reattori biochimici (50 ore) (14079)	V	I	1

C.I. Economia, organizzazione, bioetica: 125 ore (14057)	V	I	I
Principi di economia ed organizzazione aziendale (50 ore) (14058)			
Principi di gestione aziendale (50 ore) (14059)			
Bioetica (25 ore) (7654)			
<i>Mutuato con gli indirizzi Medico e Farmaceutico</i>			

ore a disposizione della struttura didattica: 275

**Corso di Laurea
in
CHIMICA**

CORSO DI LAUREA IN CHIMICA

Introduzione al Vecchio Ordinamento

Presidente del Corso di Laurea: prof. Sandro Torroni
(Dipartimento di Chimica "G. Ciamician")

Questo ordine di studi è valido per gli studenti immatricolati fino all'anno accademico 1991/92 che non hanno optato per il passaggio al N.O.. Dall'anno accademico 1992/93 è stato attivato il nuovo Ordinamento del Corso di Laurea in Chimica e dall'A.A. 1997/98 è stato attivato il Riordinamento del Corso di Laurea in Chimica. Nessun corso di questo ordinamento sarà attivato nell'A.A. 1998/99.

INSEGNAMENTI FONDAMENTALI

La durata del corso di studi per la laurea in chimica è di cinque anni, divisi in un biennio di studi propedeutici e in un triennio di studi di applicazione.

BIENNIO PROPEDEUTICO

<i>1° Anno</i>	<i>2° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none">• Chimica generale ed inorganica I• Fisica sperimentale I• Istituzioni di matematiche I• Esercitazioni di matematiche I• Esercitazioni di preparazioni chimiche (biennio propedeutico)• Esercitazioni di disegno di elementi di macchine	<ul style="list-style-type: none">• Chimica generale ed inorganica II• Chimica organica I• Fisica sperimentale II• Istituzioni di matematiche II• Esercitazioni di matematiche II• Esercitazioni di analisi chimica qualitativa• Esercitazioni di fisica sperimentale

Gli insegnamenti si dividono in fondamentali e complementari; tutti gli insegnamenti del biennio propedeutico sono fondamentali, quelli del triennio sono in parte fondamentali e in parte complementari. Nei corsi biennali la 1a parte è propedeutica alla 2a parte.

TRIENNIO DI STUDI DI APPLICAZIONE

Il triennio di studi di applicazione ha due diversi indirizzi:

- A) organico biologico
B) inorganico chimico-fisico

Con delibera del Consiglio di Facoltà del 15/1/1974 è stato tolto il blocco d'iscrizione, pertanto l'iscrizione al triennio di studi di applicazione non è subordinata al superamento degli esami del biennio, ferma restando l'attuale propedeuticità degli esami del biennio rispetto a quelli del triennio.

All'atto dell'iscrizione al terzo anno lo studente dovrà rivolgere una domanda al Consiglio di Corso di laurea per l'approvazione e la convalida del piano di studi prescelto per quanto riguarda gli insegnamenti complementari.

La scelta fatta in tal modo è impegnativa e potrà essere variata soltanto in casi eccezionali subordinatamente al parere favorevole del Consiglio di Corso di laurea.

3° Anno	4° Anno
<ul style="list-style-type: none"> • Chimica organica II • Chimica analitica • Chimica fisica I (*) • Esercit. di chimica fisica I (*) • Esercit. di analisi chimica quantitativa • Due insegnamenti a scelta tra i complementari 	<ul style="list-style-type: none"> • Mineralogia con esercitazioni pratiche • Chimica fisica II (*) • Esercit. di chimica fisica II (*) • Esercit. di chimica organica e di analisi organica • Due insegnamenti a scelta tra i complementari

5° Anno
<ul style="list-style-type: none"> • Esercit. di preparazioni chimiche (triennio d'applicazione) oppure <ul style="list-style-type: none"> • Esercit. di analisi chimica applicata • Tre insegnamenti a scelta fra i complementari

(*) Le due parti dei corsi di Chimica fisica e di Esercitazioni di chimica fisica comportano due esami distinti per ciascuna materia di insegnamento.

INSEGNAMENTI COMPLEMENTARI

La scelta di complementari non inseriti in questo elenco sarà possibile solo con piano di studio autonomo approvato dal Consiglio di Corso di laurea. Nell'elenco sono indicati alcuni corsi che non sono più attivi (*) e che non possono quindi essere inseriti nei piani di studio. Di altri corsi, pur non attivi, è stata stabilita una tabella di corrispondenza per la frequenza. Prima della scelta, lo studente è tenuto a verificare che i corsi corrispondenti siano attivati nel Nuovo Ordinamento o nel Riordinamento.

<i>Indirizzo A) ORGANICO BIOLOGICO</i>	<i>Indirizzo B) INORGANICO CHIMICO-FISICO</i>
<i>3° Anno</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Chimica degli alti polimeri • Biopolimeri • Tecnica della informazione chimica * • Strutturistica chimica 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimica dei composti elemento-organici • Misure elettriche * • Radiochimica • Complementi di chimica inorganica *
<i>4° Anno</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Spettroscopia molecolare • Chimica delle sostanze organiche naturali • Complementi di chimica organica * • Fotochimica • Meccanismi di reazione in chimica organica 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimica teorica • Chimica fisica tecnica * • Chimica analitica strumentale con esercitazioni • Chimica dei composti di coordinazione * • Elettrochimica
<i>5° Anno</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Esercitazioni di tecniche e sintesi speciali organiche • Chimica organica superiore • Chimica fisica organica • Chimica delle radiazioni • Chimica organica applicata • Metodi fisici in chimica organica 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimica inorganica superiore • Esercitazioni di tecniche e sintesi speciali inorganiche • Cinetica Chimica • Chimica macromolecolare • Meccanismi di reazione in chimica inorganica

FREQUENZA DEI CORSI

Corsi fondamentali

Gli studenti devono fare riferimento ai corsi intensivi del Riordinamento sulla base della seguente tabella di equivalenza:

<i>VECCHIO ORDINAMENTO</i>	<i>RIORDINAMENTO</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Generale ed Inorganica I • Fisica Sperimentale • Istituzioni di Matematiche I • Eserc. di Preparazioni Chimiche • Chimica Generale ed Inorganica II • Chimica Organica I • Fisica Sperimentale II • Istituzioni di matematiche II • Eserc. di Matematiche II • Eserc. di Analisi Chimica Qualitativa 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Generale ed Inorganica • Fisica Generale (1° Corso) • Istituzioni di Matematiche (1° Corso) • Lab. di Chimica Generale ed Inorganica • Chimica Inorganica (1° Corso) • Chimica Organica (1° Corso) • Fisica Generale (2° Corso) • Istituzioni di Matematiche (2° Corso) • Lab. di Programmazione e Calcolo • Lab. di Chimica Analitica (1° Corso)

<ul style="list-style-type: none"> • Eserc. di Fisica Sperimentale • Chimica Organica II (A/B) • Chimica Analitica (A/B) • Chimica Fisica I (A/B) • Eserc. di Chimica Fisica I (A/B) • Eserc. di Analisi Chimica Quantitativa (A/B) • Mineralogia con Eserc. pratiche • Chimica Fisica II (A/B) • Eserc. di Chimica Fisica II (A/B) • Eserc. di Chimica Organica e di Analisi Organica • Eserc. di Preparazioni Chimiche (Ind. A) • Eserc. di Preparazioni Chimiche (Ind. B) • Eserc. di Analisi Chimica Applicata 	<ul style="list-style-type: none"> • Lab. di Fisica Generale • Chimica Organica (2° Corso) • Chimica Analitica (1° Corso) • Chimica Fisica (1° Corso) • Lab. di Chimica Fisica (1° Corso) • Lab. di Chimica Analitica (2° Corso) • Mineralogia • Chimica Fisica (2° Corso) • Lab. di Chimica Fisica (2° Corso) • Lab. di Chimica Organica (1° Corso) e/o (2° Corso) • Chimica Organica (3° Corso) • Lab. di Chimica inorganica (1° Corso) • Cromatografia
---	--

Corsi Complementari

Gli studenti devono fare riferimento ai corsi opzionali attivi del Nuovo Ordinamento o del Riordinamento sulla base della seguente tabella di equivalenza:

<ul style="list-style-type: none"> • Chimica degli alti polimeri • Chimica dei composti elemento-organici • Chimica analitica strumentale con esercitazioni • Esercitazioni di tecniche e sintesi speciali organiche • Esercitazioni di tecniche e sintesi speciali inorganiche • Chimica organica superiore • Cinetica chimica 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimica e tecnologia dei polimeri • Chimica metallorganica • Chimica analitica strumentale • Sintesi e tecniche speciali organiche • Sintesi e tecniche speciali inorganiche • Chimica organica (4° Corso) • Cinetica chimica e dinamica molecolare
--	---

ESAME DI LAUREA

Per essere ammesso all'esame di laurea lo studente deve aver seguito i corsi e superato gli esami in tutti gli insegnamenti fondamentali e almeno in sette insegnamenti complementari.

L'esame di laurea in chimica consiste nella discussione di una dissertazione scritta preferibilmente su argomento a carattere sperimentale, da sostenersi dinanzi alla Commissione di laurea.

Le modalità dell'assegnazione e svolgimento delle tesi di laurea sono previste da un apposito regolamento.

La tesi di laurea dovrà essere presentata in segreteria almeno 15 giorni prima del giorno

fissato per l'esame di laurea.

Gli esami di Laurea sono pubblici.

COMMISSIONE DI ESAME PER L'AA 1998/99:

Alberto Ripamonti (Presidente), Sandro Torrioni, Giancarlo Torsi, Gabriele Cazzoli, Gianfranco Cainelli, Fabrizio Bolletta, Maria Grazia Giorgini, Dario Braga, Giuseppina Ceccorulli, Antonio Arcelli, Relatore di tesi.

Sostituti: Romolo Francesconi, Giuseppe Innorta, Mauro Maestri, Achille Umani Ronchi, Sergio Valcher, Carlo Castellari, Alessandro Bongini, Bruno Lunelli.

CALENDARIO DEGLI APPELLI DI ESAME DI LAUREA:

24 giugno 1999 ore 9

15 luglio 1999 ore 9

28 ottobre 1999 ore 15

9 dicembre 1999 ore 15

24 febbraio 2000 ore 15

23 marzo 2000 ore 15.

Introduzione al Nuovo Ordinamento

Presidente del Corso di Laurea: Prof. Sandro Torroni
(Dipartimento di Chimica "G. Ciamician")

Per informazioni più dettagliate consultare il sito Internet
<http://www.ciam.unibo.it/ccdlindex.html>

AVVERTENZE

Questo ordine degli Studi è valido solo per gli studenti immatricolati prima dell'AA 1992/93 che hanno optato per il Nuovo Ordinamento e per gli studenti immatricolati dall'AA 1992/93 fino all'AA 1996/97 che non hanno optato per il passaggio al Riordinamento

Restano attivi di questo ordinamento solo il 4° e 5° anno.

Gli studenti del Vecchio Ordinamento continueranno ad attenersi alle istruzioni contenute nell'Ordine degli Studi del Vecchio Ordinamento.

Gli studenti iscritti al Nuovo Ordinamento hanno diritto di optare per il "Riordinamento" entro cinque anni dalla sua entrata in vigore (avvenuta nell'AA 1997/98). L'opzione sarà sancita dal Consiglio di Corso di Laurea dopo approvazione delle equivalenze di esami e frequenze.

ASPETTI GENERALI

Il corso di laurea in Chimica ha la durata di cinque anni ed è suddiviso in un triennio propedeutico a carattere formativo di base ed in un biennio di applicazione articolato per indirizzi. Nello Statuto dell'Università di Bologna gli indirizzi sono quattro. Il diploma di laurea riporta il titolo di laureato in Chimica, mentre il relativo certificato rilasciato al laureato, farà menzione dell'indirizzo seguito.

Gli insegnamenti sono organizzati in due cicli semestrali per ciascun anno di corso. Il primo semestre inizia a ottobre e termina a febbraio. Il secondo semestre inizia a marzo e termina a luglio.

Gli insegnamenti, di norma, hanno la durata di 60 ore per i corsi di lezione di cui almeno 1/4 dedicate agli esercizi e 75 ore per i corsi di laboratorio di cui almeno i 2/3 dedicate alle esercitazioni pratiche.

La tesi di laurea è sperimentale e della durata minima di nove mesi.

PIANO DIDATTICO

Nell'AA 1999/2000 le lezioni del 1° semestre avranno inizio il 4 ottobre e avranno termine entro il 21 gennaio; le lezioni del 2° semestre avranno inizio il 21 febbraio e avranno termine entro il 31 maggio.

TRIENNIO PROPEDEUTICO

I corsi di insegnamento sono ventisei
Gli esami sono sedici; di questi, dieci sono esami integrati.

1° Anno (NON ATTIVO)

<i>1° semestre</i>	<i>2° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Generale ed Inorganica • Laboratorio di Chimica Generale ed Inorganica • Istituzioni di Matematiche (primo corso) 	<ul style="list-style-type: none"> • Fisica Generale (primo corso) • Calcolo Numerico • Laboratorio di Programmazione e Calcolo • Laboratorio di Chimica Analitica (primo corso)

Esami

- Chimica Generale ed Inorganica e Laboratorio di Chimica Generale ed Inorganica
- Istituzioni di Matematiche (primo corso)
- Fisica Generale (primo corso)
- Calcolo Numerico e Laboratorio di Programmazione e Calcolo

2° Anno (NON ATTIVO)

<i>1° semestre</i>	<i>2° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Istituzioni di Matematiche (secondo corso) • Fisica Generale (secondo corso) • Laboratorio di Fisica Generale • Laboratorio di Chimica Analitica (secondo corso) 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Organica (primo corso) • Laboratorio di Chimica Organica (primo corso) • Chimica Fisica (primo corso) • Laboratorio Chimica Fisica (primo corso) • Corso Opzionale

Esami

- Istituzioni di Matematiche (secondo corso)
- Chimica Organica (primo corso) e Laboratorio di Chimica Organica (primo corso)

- Laboratorio di Chimica Analitica (primo corso) e Laboratorio di Chimica Analitica (secondo corso)
- Fisica Generale (secondo corso) e Laboratorio di Fisica Generale
- Chimica Fisica (primo corso) e Laboratorio Chimica Fisica (primo corso)
- Corso opzionale

3° Anno (NON ATTIVO)

<i>1° semestre</i>	<i>2° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Organica (secondo corso) • Laboratorio di Chimica Organica (secondo corso) • Chimica Fisica (secondo corso) • Laboratorio Chimica Fisica (secondo corso) • Chimica Analitica (primo corso) 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Inorganica (primo corso) • Laboratorio di Chimica Inorganica (primo corso) • Laboratorio di Chimica Analitica (terzo corso) • Chimica Biologica • Corso Opzionale

Esami

- Chimica Inorganica (primo corso) e Laboratorio di Chimica Inorganica (primo corso)
- Chimica Organica (secondo corso) e Laboratorio di Chimica Organica (secondo corso)
- Chimica Fisica (secondo corso) e Laboratorio Chimica Fisica (secondo corso)
- Chimica Analitica (primo corso) e Laboratorio di Chimica Analitica (terzo corso)
- Chimica Biologica
- Corso Opzionale

Gli studenti devono sostenere gli esami di due corsi opzionali scelti dal seguente elenco.

<i>anno</i>	<i>corso opzionale</i>
2°	Mineralogia
2°	Radiochimica
3°	Chimica Analitica Strumentale
3°	Chimica Macromolecolare
3°	Chimica Delle Sostanze Organiche Naturali
3°	Elettrochimica

Gli studenti sono tenuti a dimostrare, attraverso un colloquio, di aver appreso una delle seguenti lingue straniere:

- Inglese
- Francese
- Tedesco

Agli studenti che hanno superato tutti gli esami prescritti nel triennio, su richiesta,

viene rilasciato un certificato attestante il completamento degli studi propedeutici alla Laurea in Chimica.

BIENNIO DI APPLICAZIONE

Gli studenti possono iscriversi al quarto anno anche in difetto degli esami previsti dall'ordinamento didattico purché gli esami del triennio propedeutico siano sostenuti prima di quelli del biennio di applicazione.

Il biennio si articola in quattro indirizzi:

- Applicativo (Orientamento Ambientale)
- Chimica Fisica
- Chimica Inorganica
- Chimica Organica

Ogni indirizzo prevede due corsi fondamentali di teoria, due corsi fondamentali di Laboratorio e cinque corsi opzionali. Gli esami sono sette; di questi, due sono integrati. All'inizio di ogni AA il Consiglio di Corso di Laurea fissa per ciascun indirizzo il numero di tesi in base alla disponibilità dei gruppi di ricerca presso i quali è possibile svolgere il lavoro sperimentale. Lo studente può comunque chiedere di svolgere il lavoro di tesi presso altri gruppi di ricerca secondo le modalità indicate nel regolamento di tesi.

INDIRIZZO APPLICATIVO - (ORIENTAMENTO AMBIENTALE)

4° Anno

<i>1° semestre</i>	<i>2° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Analitica (secondo corso) • Laboratorio di Chimica Analitica (quarto corso) • Corso opzionale 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Fisica Ambientale • Laboratorio di Chimica Fisica Ambientale • Corso opzionale

Esami

- 17 Chimica Analitica (secondo corso) e Laboratorio di Chimica Analitica (quarto corso)
- 18 Chimica Fisica Ambientale e Laboratorio di Chimica Fisica Ambientale
- 19 Corso opzionale
- 20 Corso opzionale

5° Anno

<i>1° semestre</i>	<i>2° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Corso opzionale • Corso opzionale 	<ul style="list-style-type: none"> • Corso opzionale

Esami

- 21 Corso opzionale
 22 Corso opzionale
 23 Corso opzionale

Corsi opzionali caratterizzanti l'indirizzo APPLICATIVO Orientamento Ambientale (tre corsi opzionali devono essere scelti da questo elenco)

<i>anno</i>	<i>semestre</i>	<i>corso</i>
4°	1°	Chimica dell'Ambiente
4°	2°	Chimica e Tecnologia dei Polimeri
5°	1°	Cromatografia

INDIRIZZO CHIMICA FISICA**4° Anno**

<i>1° semestre</i>	<i>2° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Fisica (terzo corso) • Laboratorio di Chimica Fisica (terzo corso) • Corso opzionale 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Fisica (quarto corso) • Laboratorio di Chimica Fisica (quarto corso) • Corso opzionale

Esami

- 17 Chimica Fisica (terzo corso) e Laboratorio di Chimica Fisica (terzo corso)
 18 Chimica Fisica (quarto corso) e Laboratorio di Chimica Fisica (quarto corso)
 19 Corso opzionale
 20 Corso opzionale

5° Anno

<i>1° semestre</i>	<i>2° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Corso opzionale • Corso opzionale 	<ul style="list-style-type: none"> • Corso opzionale

Esami

- 21 Corso opzionale
 22 Corso opzionale
 23 Corso opzionale

Corsi opzionali caratterizzanti l'indirizzo CHIMICA FISICA (tre corsi opzionali devono essere scelti da questo elenco)

<i>anno</i>	<i>semestre</i>	<i>corso</i>
4°	1°	Chimica Teorica
4°	1°	Chimica Fisica Organica (non attivo)
4°	2°	Spettroscopia Molecolare
5°	1°	Cinetica Chimica e Dinamica Molecolare
5°	1°	Chimica Computazionale
5°	2°	Chimica Fisica dello Stato Solido e delle Superfici

INDIRIZZO CHIMICA INORGANICA**4° Anno**

<i>1° semestre</i>	<i>2° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Inorganica (secondo corso) • Laboratorio di Chimica Inorganica (secondo corso) • Corso opzionale 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Inorganica (terzo corso) • Laboratorio di Chimica Inorganica (terzo corso) • Corso opzionale

Esami

- 17 Chimica Inorganica (secondo corso) e Laboratorio di Chimica Inorganica (secondo corso)
 18 Chimica Inorganica (terzo corso) e Laboratorio di Chimica Inorganica (terzo corso)
 19 Corso opzionale
 20 Corso opzionale

5° Anno

<i>1° semestre</i>	<i>2° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Corso opzionale • Corso opzionale 	<ul style="list-style-type: none"> • Corso opzionale

Esami

- 21 Corso opzionale
 22 Corso opzionale
 23 Corso opzionale

Corsi opzionali caratterizzanti l'indirizzo CHIMICA INORGANICA (tre corsi opzionali devono essere scelti da questo elenco)

<i>anno</i>	<i>semestre</i>	<i>corso</i>
4°	1°	Fotochimica
4°	2°	Strutturistica Chimica
5°	1°	Chimica Bioinorganica
5°	1°	Chimica Metallorganica
5°	1°	Meccanismi di Reazione in Chimica Inorganica
5°	2°	Sintesi e Tecniche Speciali Inorganiche

INDIRIZZO CHIMICA ORGANICA

4° anno

<i>1° semestre</i>	<i>2° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Organica (terzo corso) • Laboratorio di Chimica Organica (terzo corso) • Corso opzionale 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Organica (quarto corso) • Laboratorio di Chimica Organica (quarto corso) • Corso opzionale

Esami

- 17 Chimica Organica (terzo corso) e Laboratorio di Chimica Organica (terzo corso)
 18 Chimica Organica (quarto corso) e Laboratorio di Chimica Organica (quarto corso)
 19 Corso opzionale
 20 Corso opzionale

5° Anno

<i>1° semestre</i>	<i>2° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Corso opzionale • Corso opzionale 	<ul style="list-style-type: none"> • Corso opzionale

Esami

- 21 Corso opzionale
 22 Corso opzionale
 23 Corso opzionale

Corsi opzionali caratterizzanti l'indirizzo CHIMICA ORGANICA (tre corsi opzionali devono essere scelti da questo elenco)

<i>anno</i>	<i>semestre</i>	<i>corso</i>
4°	1°	Chimica Bioorganica
4°	2°	Metodi Fisici in Chimica Organica
5°	1°	Biopolimeri
5°	1°	Sintesi e Tecniche Speciali Organiche
5°	2°	Chimica dei Composti Eterociclici (non attivo)
5°	2°	Meccanismi di Reazione in Chimica Inorganica

CORSI OPZIONALI

Nel Biennio di applicazione, lo studente è tenuto a scegliere almeno tre corsi opzionali tra quelli caratterizzanti l'indirizzo prescelto. Gli altri due corsi opzionali possono essere scelti tra tutti i corsi opzionali compresi quelli del 2° e 3° anno.

Possono essere scelti con piano di studi autonomo, come corsi opzionali, anche gli insegnamenti fondamentali degli altri indirizzi o altri insegnamenti non inseriti in tale ordine degli studi.

PROVE DI ACCERTAMENTO

Sono previste tre sessioni di esame

- I sessione: 2 aprile - 31 luglio
- II sessione: 1 settembre - 20 dicembre
- III sessione: 7 gennaio - 31 marzo

Per ogni sessione di esame ogni docente deve prevedere almeno due appelli distanziati di almeno quindici giorni. Gli esami ed i colloqui vengono effettuati:

- durante la pausa fra i due semestri (nell'AA 1999/2000 dal 24 gennaio al 18 febbraio 2000)
- alla fine del 2° semestre (nell'AA 1999/2000 dal 1 giugno al 28 luglio 2000)
- prima dell'inizio dei corsi (nell'AA 1999/2000 dal 1 settembre al 29 settembre 2000)

Eventuali appelli di recupero devono essere approvati dal Consiglio di Corso di Laurea. Su delibera del Consiglio di Corso di Laurea gli studenti fuori corso o ripetenti possono sostenere esami anche al di fuori dei precedenti periodi. Con le stesse modalità gli studenti iscritti al IV o al V anno possono sostenere esami del triennio.

Qualora il corso teorico e quello di Laboratorio vengano svolti in semestri successivi gli studenti potranno sostenere un colloquio sul corso già svolto. Il giudizio su tale colloquio verrà poi conglobato nel voto finale.

Al voto finale di esame espresso in trentesimi possono contribuire come credito i voti conseguiti nelle prove in itinere. In tal caso gli studenti dovranno essere informati, all'inizio del corso, sul numero e sulle date delle prove in itinere previste e su come contribuiranno al voto finale.

Quando vengono scelti come corsi opzionali i fondamentali con i relativi laboratori, di un indirizzo diverso da quello prescelto dallo studente, il corso fondamentale ed il corrispondente corso di laboratorio, che sono sostitutivi di due corsi opzionali,

comportano due esami distinti.

La prova di conoscenza della lingua straniera viene valutata con un giudizio di idoneità.

FREQUENZE

Per i seguenti corsi di laboratorio la firma di frequenza verrà conseguita dagli studenti che hanno frequentato almeno i 3/4 delle ore complessive e superato le eventuali prove intermedie.

- Laboratorio di Programmazione e Calcolo.
- Laboratorio di Fisica Generale
- Laboratorio di Chimica Generale ed Inorganica;
- Laboratorio di Chimica Inorganica (primo corso)
- Laboratorio di Chimica Inorganica (secondo corso)
- Laboratorio di Chimica Inorganica (terzo corso)
- Laboratorio di Chimica Analitica (primo corso)
- Laboratorio di Chimica Analitica (secondo corso)
- Laboratorio di Chimica Analitica (terzo corso)
- Laboratorio di Chimica Analitica (quarto corso)
- Laboratorio di Chimica Organica (primo corso)
- Laboratorio di Chimica Organica (secondo corso)
- Laboratorio di Chimica Organica (terzo corso)
- Laboratorio di Chimica Organica (quarto corso)
- Laboratorio di Chimica Fisica (primo corso)
- Laboratorio di Chimica Fisica (secondo corso)
- Laboratorio di Chimica Fisica (terzo corso)
- Laboratorio di Chimica Fisica (quarto corso)
- Laboratorio di Chimica Fisica Ambientale

Il responsabile del corso effettua gli accertamenti e comunica l'elenco degli effettivi frequentanti al Presidente del Consiglio di Corso di Laurea il quale lo trasmette alla segreteria della Facoltà. Lo studente che non ottiene l'attestazione di frequenza ad uno o più corsi, ha l'obbligo di frequentare nell'anno successivo i corsi dei quali non ha ottenuto la firma di frequenza. Lo studente può tuttavia far presenti le proprie ragioni al Consiglio di Corso di Laurea.

PIANI DI STUDIO

Lo studente può presentare un piano di studio individuale per la scelta di corsi opzionali attivi in altri corsi di studio.

Lo studente, di norma, è tenuto ad indicare gli insegnamenti che intende frequentare presso una Università straniera.

TESI DI LAUREA

Di regola le tesi di laurea in Chimica hanno carattere sperimentale e una durata minima di nove mesi.

Lo studente può fare richiesta del titolo della tesi di laurea dopo il termine di tutte le lezioni del 4° anno e dopo aver superato l'esame integrato di due insegnamenti fondamentali del biennio di indirizzo. Durante il periodo di tesi lo studente dovrà tenere un colloquio di fronte ad una commissione di esperti, aperto a tutti i docenti del Corso di Laurea, sul programma scientifico e sull'attività svolta. Tale colloquio dovrà essere effettuato, di norma, entro sette mesi dalla assegnazione della tesi.

Le linee di ricerca suscettibili di svolgimento a livello di tesi di laurea sono comunicate al Presidente del Consiglio di Corso di Laurea che ne cura la diffusione.

Relatore della tesi è di norma un professore ufficiale o un ricercatore confermato della Facoltà. Il Consiglio di Corso di Laurea può affidare il compito di relatore anche ad altri professori di ruolo dell'Ateneo.

Il lavoro di tesi può essere svolto in laboratori esterni al Dipartimento di Chimica "G.Ciamician"; le richieste in questo senso devono essere autorizzate dal Consiglio di Corso di Laurea.

ESAME DI LAUREA

Per conseguire il Diploma di Laurea in Chimica lo studente deve sostenere l'esame generale di Laurea al termine del corso degli studi.

L'esame generale di Laurea consiste nella discussione orale di una dissertazione scritta, detta Tesi di Laurea, elaborata autonomamente dal candidato.

Gli esami di Laurea sono pubblici.

Il diploma di Laurea riporta il titolo di laureato in chimica, mentre il relativo certificato rilasciato al laureato farà menzione dell'indirizzo seguito.

Commissione di esame per l'AA 1998/99:

Alberto Ripamonti (Presidente), Sandro Torroni, Giancarlo Torsi, Gabriele Cazzoli, Gianfranco Cainelli, Fabrizio Bolletta, Maria Grazia Giorgini, Dario Braga, Giuseppina Ceccorulli, Antonio Arcelli, Relatore di tesi.

Sostituti: Romolo Francesconi, Giuseppe Innorta, Mauro Maestri, Achille Umani Ronchi, Sergio Valcher, Carlo Castellari, Alessandro Bongini, Bruno Lunelli.

Calendario degli appelli di esame di laurea:

- 24 giugno 1999 ore 9
- 15 luglio 1999 ore 9
- 28 ottobre 1999 ore 15
- 9 dicembre 1999 ore 15
- 24 febbraio 2000 ore 15
- 23 marzo 2000 ore 15.

TUTORATO

Il Tutorato è finalizzato ad orientare ed assistere gli studenti lungo tutto il corso degli studi e a rimuovere gli ostacoli ad una proficua frequenza dei corsi, anche attraverso iniziative rapportate alle necessità, alle attitudini ed alle esigenze dei singoli.

Tutti i Professori ed i Ricercatori svolgono attività di tutorato. L'abbinamento Tutore-Studente è disposto seguendo l'ordine alfabetico all'inizio di ogni anno accademico per gli studenti che si immatricolano.

RAPPORTI FRA NUOVO ORDINAMENTO E RIORDINAMENTO

Gli studenti iscritti al Nuovo Ordinamento sono tenuti a frequentare i corsi del Riordinamento in base alla seguente tabella di equivalenza (Sono indicati unicamente i corsi con denominazione diversa):

<i>Nuovo ordinamento</i>	<i>Riordinamento</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Inorganica (secondo corso) • Laboratorio di Chimica Inorganica (secondo corso) • Chimica Inorganica (terzo corso) 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimica dello Stato Solido • Chimica dei Materiali con Laboratorio
<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio di Chimica Inorganica (terzo corso) • Chimica Fisica (terzo corso) 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Inorganica (indirizzo Scienze Molecolari) • Laboratorio di Chimica Inorganica (indirizzo Scienze Molecolari) • Chimica Fisica (indirizzo Scienze Molecolari)
<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio di Chimica Fisica (terzo corso) • Chimica Fisica (quarto corso) • Laboratorio di Chimica Fisica (quarto corso) 	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio di Chimica Fisica (indirizzo Scienze Molecolari) • Chimica Fisica (indirizzo Applicativo) • Laboratorio di Chimica Fisica (indirizzo Applicativo)

Gli studenti iscritti al "Nuovo Ordinamento" che intendono optare per il "Riordinamento", devono fare domanda al Consiglio di Corso di Laurea in Chimica. Le frequenze ai corsi e gli esami sostenuti nel triennio propedeutico vengono interamente riconosciuti nel passaggio dal "Nuovo Ordinamento" al "Riordinamento".

NORME PER IL RICONOSCIMENTO DEGLI ESAMI E DELLE ATTESTAZIONI DI FREQUENZA PER STUDENTI PROVENIENTI DA ALTRI CORSI DI LAUREA

Si precisa che la convalida dell'esame integrato è possibile solo se sono stati sostenuti o vengono riconosciuti gli esami annuali degli insegnamenti che danno luogo all'esame integrato.

Per quanto non esplicitamente indicato vale quanto previsto nel D.P.R. 12/5/1989, n. 109 e nel relativo allegato (tab. XIX).

Introduzione al Riordinamento

Presidente del Corso di Laurea: Prof. Sandro Torroni
(Dipartimento di Chimica «G. Ciamician»)

Per informazioni più dettagliate consultare il sito Internet <http://www.ciam.unibo.it/>

Il Corso di Laurea in Chimica ha la durata di cinque anni ed è suddiviso in un triennio propedeutico a carattere formativo di base, e in un biennio di applicazione articolato in indirizzi (Tab. XIX, D.M. 22/5/95).

Nell'anno 1997/98 è stato attivato il triennio propedeutico e nell'AA 1999/2000 viene attivato il quinto anno del biennio di applicazione che è diviso nei tre indirizzi Scienze Molecolari, Organico e Bioorganico, Applicativo (orientamenti: ambientale; materiali innovativi).

ASPETTI GENERALI

Gli studenti che si iscrivono per la prima volta al Corso di Laurea in Chimica sono tenuti a seguire il "Riordinamento".

Gli studenti provenienti da Corsi di Laurea in Chimica di altre Università vengono iscritti al corrispondente anno di corso con il riconoscimento di esami e frequenze secondo delibera del Consiglio di Corso di Laurea.

Per gli studenti provenienti da altri Corsi di Laurea o già in possesso di altra laurea sono possibili, su domanda, riconoscimenti di esami sostenuti e di frequenze su specifica delibera del Consiglio di Corso di Laurea.

Gli studenti iscritti al Vecchio Ordinamento (1607) continueranno ad attenersi alle istruzioni contenute nell'Ordine degli Studi del Vecchio Ordinamento.

Gli studenti iscritti al Nuovo Ordinamento (1600) continueranno ad attenersi alle istruzioni contenute nell'Ordine degli Studi del Nuovo Ordinamento.

Gli studenti iscritti al Nuovo Ordinamento hanno diritto di optare per il "Riordinamento" entro cinque anni dalla sua entrata in vigore. L'opzione sarà sancita dal Consiglio di Corso di Laurea dopo approvazione delle equivalenze di esami e frequenze.

PIANO DIDATTICO

La didattica del Corso di Laurea in Chimica è articolata per ciascun anno di corso in semestri compatti. Di norma, il primo semestre inizia a ottobre e termina a febbraio mentre

il secondo inizia a marzo e termina a luglio.

Nell'AA 1999/2000 le lezioni del 1° semestre avranno inizio il 4 ottobre e avranno termine entro il 21 gennaio; le lezioni del 2° semestre avranno inizio il 21 febbraio e avranno termine entro il 31 maggio.

Dal 20 settembre all'1 ottobre avrà luogo un corso di matematica, riservato agli studenti che si immatricolano, per uniformare la loro preparazione rispetto alle diverse scuole di provenienza. Verranno ripresentati criticamente alcuni argomenti di matematica (I numeri: naturali, interi, razionali, reali. Esponenziali e logaritmi. Cenni di geometria analitica nel piano: coordinate cartesiane, equazioni della retta, del cerchio, della parabola, dell'ellisse e dell'iperbole. Elementi di trigonometria: definizioni, formule fondamentali, esempi. Equazioni e disequazioni di I e II grado; sistemi di equazioni e di disequazioni). Il corso, della durata di venti ore, si terrà presso il Dipartimento di Chimica "G. Ciamician", con un impegno di due ore giornaliere, dal lunedì al venerdì.

I corsi di insegnamento sono di settanta ore, di cui venti di esercitazioni.

I corsi di laboratorio sono di novanta ore di attività didattiche.

TRIENNIO PROPEDEUTICO

I corsi del triennio comune sono ventitré (quattordici esami).

1° Anno

<i>1° semestre</i>	<i>2° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Generale ed Inorganica (130) • Laboratorio di Chimica Generale ed Inorganica (10533) • Istituzioni di Matematiche (1° corso) (10535) 	<ul style="list-style-type: none"> • Fisica Generale (1° corso) (10536) • Laboratorio di Programmazione e Calcolo (10597) • Laboratorio di Chimica Analitica (1° corso) (10539)

Esami

- 1 Chimica Generale ed Inorganica e Laboratorio di Chimica Generale ed Inorganica (10534)
- 2 Istituzioni di Matematiche (1° corso) (10535)
- 3 Fisica Generale (1° corso) (10536)
- 4 Laboratorio di Programmazione e Calcolo (10597)

2° Anno

<i>1° semestre</i>	<i>2° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Istituzioni di Matematiche (2° corso) (10540) • Fisica Generale (2° corso) (10541) • Laboratorio di Fisica Generale (7172) • Laboratorio di Chimica Analitica (2° corso) (10543) 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Organica (1° corso) (10545) • Laboratorio di Chimica Organica (1° corso) (10546) • Chimica Fisica (1° corso) (10554) • Laboratorio Chimica Fisica (1° corso) (10549)

Esami

- 5 Istituzioni di Matematiche (2° corso) (10540)
 - 6 Chimica Organica (1° corso) e Laboratorio di Chimica Organica (1° corso) (10547)
 - 7 Laboratorio di Chimica Analitica (1° corso) e Laboratorio di Chimica Analitica (2° corso) (10544)
 - 8 Fisica Generale (2° corso) e Laboratorio di Fisica Generale (10542)
 - 9 Chimica Fisica (1° corso) e Laboratorio Chimica Fisica (1° corso) (10550)
- L'esame di Istituzioni di matematiche (2° corso) può essere sostenuto dopo aver superato l'esame di Istituzioni di matematiche (1° corso)
 - L'esame di Fisica Generale (2° corso) e Laboratorio di Fisica Generale può essere sostenuto dopo aver superato l'esame di Fisica Generale (1° corso)

3° Anno

<i>1° semestre</i>	<i>2° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Organica (2° corso) (10551) • Laboratorio di Chimica Organica (2° corso) (10552) • Chimica Fisica (2° corso) (10554) • Laboratorio Chimica Fisica (2° corso) (10555) • Chimica Analitica (1° corso) (10557) 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Inorganica (1° corso) (10558) • Laboratorio di Chimica Inorganica (1° corso) (10559) • Laboratorio di Chimica Analitica (3° corso) (10561) • Chimica Biologica (10607)

Esami

- 10 Chimica Inorganica (1° corso) e Laboratorio di Chimica Inorganica (1° corso) (10560)
 - 11 Chimica Organica (2° corso) e Laboratorio di Chimica Organica (2° corso) (10553)
 - 12 Chimica Fisica (2° corso) e Laboratorio Chimica Fisica (2° corso) (10556)
 - 13 Chimica Analitica (1° corso) e Laboratorio di Chimica Analitica (3° corso) (10562)
 - 14 Chimica Biologica (10607)
- L'esame di Chimica Inorganica (1° corso) e Laboratorio di Chimica Inorganica (1° corso) può essere sostenuto dopo aver superato l'esame di Chimica Generale ed

Inorganica e Laboratorio di Chimica Generale ed Inorganica

- L'esame di Chimica Organica (2° corso) e Laboratorio di Chimica Organica (2° corso) può essere sostenuto dopo aver superato l'esame di Chimica Organica (1° corso) e Laboratorio di Chimica Organica (1° corso)
- L'esame di Chimica Analitica (1° corso) e Laboratorio di Chimica Analitica (3° corso) può essere sostenuto dopo aver superato l'esame di Laboratorio di Chimica Analitica (1° corso) e Laboratorio di Chimica Analitica (2° corso)
- L'esame di Chimica Biologica può essere sostenuto dopo aver superato l'esame di Chimica Organica (1° corso) e Laboratorio di Chimica Organica (1° corso)

Nel corso del triennio propedeutico lo studente deve superare l'esame di lingua inglese

BIENNIO DI APPLICAZIONE

I corsi del biennio di applicazione sono undici (nove esami).

Sono previsti, per ciascun indirizzo, quattro corsi fondamentali (due di laboratorio) che danno luogo a due esami integrati e sette corsi opzionali che danno luogo a sette esami.

Gli esami del biennio di applicazione possono essere sostenuti dopo aver superato tutti gli esami del triennio propedeutico.

INDIRIZZO SCIENZE MOLECOLARI**4° Anno**

<i>1° semestre</i>	<i>2° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Fisica (indirizzo Scienze Molecolari) (13987) • Laboratorio di Chimica Fisica (indirizzo Scienze Molecolari) (13989) • Corso opzionale • Corso opzionale 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Inorganica (indirizzo Scienze Molecolari) (13991) • Laboratorio di Chimica Inorganica (indirizzo Scienze Molecolari) (13992) • Corso opzionale • Corso opzionale

Esami

- 15 Chimica Fisica e Laboratorio di Chimica Fisica (indirizzo Scienze Molecolari) (13990)
- 16 Chimica Inorganica e Laboratorio di Chimica Inorganica (indirizzo Scienze Molecolari) (13993)
- 17 Corso opzionale
- 18 Corso opzionale
- 19 Corso opzionale
- 20 Corso opzionale

5° Anno

<i>1° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Corso opzionale • Corso opzionale • Corso opzionale

Esami

- 21 Corso opzionale
 22 Corso opzionale
 23 Corso opzionale

Corsi opzionali caratterizzanti l'indirizzo SCIENZE MOLECOLARI (quattro corsi opzionali devono essere scelti da questo elenco; un corso opzionale deve essere scelto dall'elenco caratterizzante l'indirizzo Organico e Bioorganico)

<i>anno</i>	<i>semestre</i>	<i>corso</i>
4°	1°	Chimica Teorica (157)
4°	1°	Fotochimica (449)
4°	2°	Strutturistica Chimica (1015)
4°	2°	Elettrochimica (265)
4°	2°	Sintesi e Tecniche Speciali Inorganiche (10597)
4°	2°	Spettroscopia molecolare (913)
5°	1°	Cinetica Chimica e Dinamica Molecolare (10595)
5°	1°	Chimica Bioinorganica (10587)
5°	1°	Chimica Computazionale (10589)
5°	1°	Meccanismi di Reazione in Chimica Inorganica (9242)

INDIRIZZO ORGANICO E BIOORGANICO**4° Anno**

<i>1° semestre</i>	<i>2° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Organica (3° corso) (10575) • Laboratorio di Chimica Organica (3° corso) (10576) • Corso opzionale • Corso opzionale 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Organica (4° corso) (10578) • Laboratorio di Chimica Organica (4° corso) (10579) • Complementi di Chimica Fisica (1900) • Corso opzionale

Esami

- 15 Chimica Organica (3° corso) e Laboratorio di Chimica Organica (3° corso) (10577)
 16 Chimica Organica (4° corso) e Laboratorio di Chimica Organica (4° corso) (10580)

- 17 Complementi di Chimica Fisica (1900)
- 18 Corso opzionale
- 19 Corso opzionale
- 20 Corso opzionale

5° Anno

<i>1° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Metallorganica (10590) • Corso opzionale • Corso opzionale

Esami

- 21 Chimica Metallorganica (10590)
- 22 Corso opzionale
- 23 Corso opzionale

Corsi opzionali caratterizzanti l'indirizzo ORGANICO E BIOORGANICO (tre corsi opzionali devono essere scelti da questo elenco)

<i>anno</i>	<i>semestre</i>	<i>corso</i>
4°	1°	Metodi Fisici in Chimica Organica (3599)
4°	1°	Chimica Bioorganica (10588)
4°	2°	Chimica delle Sostanze Organiche Naturali (111)
4°	2°	Chimica Organica Applicata (149)
5°	1°	Sintesi e Tecniche Speciali Organiche (10598)
5°	1°	Biopolimeri (9243)

INDIRIZZO APPLICATIVO - (ORIENTAMENTO AMBIENTALE)**4° Anno**

<i>1° semestre</i>	<i>2° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Analitica (2° corso) (10581) • Laboratorio di Chimica Analitica (4° corso) (10582) • Chimica dello Stato Solido (10591) • Chimica dell'Ambiente (7418) 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Fisica (indirizzo Applicativo) (13988) • Laboratorio di Chimica Fisica (indirizzo Applicativo) (13994) • Chimica Fisica Ambientale (10584) • Corso opzionale

Esami

- 15 Chimica Analitica (2° corso) e Laboratorio di Chimica Analitica (4° corso) (10583)
- 16 Chimica Fisica e Laboratorio di Chimica Fisica (indirizzo Applicativo) (13995)
- 17 Chimica dell'Ambiente (7418)
- 18 Chimica dello Stato Solido (10591)
- 19 Chimica Fisica Ambientale (10584)
- 20 Corso opzionale

5° Anno

<i>1° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Corso opzionale • Corso opzionale • Corso opzionale

Esami

- 21 Corso opzionale
- 22 Corso opzionale
- 23 Corso opzionale

Corsi opzionali caratterizzanti l'indirizzo APPLICATIVO Orientamento Ambientale (due corsi opzionali devono essere scelti da questo elenco)

<i>anno</i>	<i>semestre</i>	<i>corso</i>
4°	2°	Chimica e Tecnologia dei Polimeri (11257)
4°	2°	Radiochimica (875)
5°	1°	Chimica Analitica Strumentale (4223)
5°	1°	Cromatografia (10596)
5°	1°	Chimica per i Beni Culturali

INDIRIZZO APPLICATIVO - (ORIENTAMENTO MATERIALI INNOVATIVI)**4° Anno**

<i>1° semestre</i>	<i>2° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Analitica (2° corso) (10581) • Laboratorio di Chimica Analitica (4° corso) (10582) • Chimica dello Stato Solido (10591) • Chimica dei Materiali con Laboratorio (13998) 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimica Fisica (indirizzo Applicativo) (13988) • Laboratorio di Chimica Fisica (indirizzo Applicativo) (13994) • Corso opzionale • Corso opzionale

Esami

- 15 Chimica Analitica (2° corso) e Laboratorio di Chimica Analitica (4° corso) (10583)
- 16 Chimica Fisica e Laboratorio di Chimica Fisica (indirizzo Applicativo) (13995)
- 17 Chimica dei Materiali con Laboratorio (13998)
- 18 Chimica dello Stato Solido (10591)
- 19 Corso opzionale
- 20 Corso opzionale

5° Anno

<i>1° semestre</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Corso opzionale • Corso opzionale • Corso opzionale

Esami

- 21 Corso opzionale
- 22 Corso opzionale
- 23 Corso opzionale

Corsi opzionali caratterizzanti l'indirizzo APPLICATIVO Orientamento materiali innovativi (tre corsi opzionali devono essere scelti da questo elenco)

<i>anno</i>	<i>semestre</i>	<i>corso</i>
4°	2°	Chimica Macromolecolare (145)
4°	2°	Chimica delle Radiazioni (108)
4°	2°	Mineralogia (722)
5°	1°	Chimica Fisica dello Stato Solido e delle Superfici (10593)
5°	1°	Chimica Supramolecolare (13999)

FREQUENZE

Per i seguenti corsi di laboratorio la firma di frequenza verrà conseguita dagli studenti che avranno frequentato almeno i 3/4 delle ore complessive e superato le prove intermedie.

- Laboratorio di Programmazione e Calcolo.
- Laboratorio di Fisica Generale
- Laboratorio di Chimica Generale ed Inorganica;
- Laboratorio di Chimica Inorganica (1° corso)
- Laboratorio di Chimica Inorganica (indirizzo scienze molecolari)
- Chimica dei Materiali con Laboratorio
- Laboratorio di Chimica Analitica (1° corso)

- Laboratorio di Chimica Analitica (2° corso)
- Laboratorio di Chimica Analitica (3° corso)
- Laboratorio di Chimica Analitica (4° corso)
- Laboratorio di Chimica Organica (1° corso)
- Laboratorio di Chimica Organica (2° corso)
- Laboratorio di Chimica Organica (3° corso)
- Laboratorio di Chimica Organica (4° corso)
- Laboratorio di Chimica Fisica (1° corso)
- Laboratorio di Chimica Fisica (2° corso)
- Laboratorio di Chimica Fisica (indirizzo scienze molecolari)
- Laboratorio di Chimica Fisica (indirizzo applicativo)

Il Responsabile del corso effettua gli accertamenti e comunica l'elenco degli effettivi frequentanti al Presidente del Consiglio di Corso di Laurea il quale lo trasmette alla segreteria della Facoltà di Scienze MFN.

Se lo studente non ottiene l'attestazione di frequenza ad uno o più corsi, ha l'obbligo di frequentare i corsi dei quali non ha ottenuto la firma di frequenza nell'anno successivo. Lo studente può tuttavia far presenti le proprie ragioni al Consiglio di Corso di Laurea.

ESAMI DI PROFITTO

Sono previste tre sessioni di esami:

- I sessione: 2 aprile - 31 luglio
- II sessione: 1 settembre - 20 dicembre
- III sessione: 7 gennaio - 31 marzo

Per ogni sessione di esame ogni docente deve prevedere almeno due appelli distanziati di almeno quindici giorni.

Gli esami ed i colloqui vengono effettuati:

- durante la pausa fra i due semestri (nell'AA 1999/2000 dal 24 gennaio al 18 febbraio 2000)
- alla fine del 2° semestre (nell'AA 1999/2000 dal 1 giugno al 28 luglio 2000)
- prima dell'inizio dei corsi (nell'AA 1999/2000 dal 1 settembre al 29 settembre 2000)

Eventuali appelli di recupero devono essere approvate dal Consiglio di Corso di Laurea.

Al voto d'esame finale espresso in trentesimi possono contribuire come credito i voti conseguiti nelle prove in itinere. In tal caso gli studenti dovranno essere informati, all'inizio del corso, sul numero e sulle date delle prove in itinere previste e su come contribuiranno al voto finale.

TESI DI LAUREA

Di regola le tesi di laurea in Chimica hanno carattere sperimentale e una durata minima di nove mesi. Lo studente può fare richiesta del titolo della tesi di laurea dopo il termine di tutte le lezioni del 4° anno e aver superato gli esami di tre corsi del biennio di indirizzo fra i

quali deve essere compreso almeno l'esame di un corso fondamentale. Durante il periodo di tesi lo studente dovrà tenere un colloquio di fronte ad una commissione di esperti, aperto a tutti i docenti del Corso di Laurea, sul programma scientifico e sull'attività svolta. Tale colloquio dovrà essere effettuato, di norma, entro sette mesi dalla assegnazione della tesi

Le linee di ricerca suscettibili di svolgimento a livello di tesi di laurea sono comunicate al Presidente del Consiglio di Corso di Laurea che ne cura la diffusione.

Relatore della tesi è di norma un professore ufficiale o un ricercatore confermato della Facoltà. Il Consiglio di Corso di Laurea può affidare il compito di relatore anche ad altri professori di ruolo dell'Ateneo.

Il lavoro di tesi può essere svolto in laboratori esterni al Dipartimento di Chimica "G.Ciamician"; le richieste in questo senso devono essere autorizzate dal Consiglio di Corso di Laurea.

ESAME DI LAUREA

Per conseguire il Diploma di Laurea in Chimica lo studente deve sostenere l'esame generale di Laurea al termine del corso degli studi.

L'esame generale di Laurea consiste nella discussione orale di una dissertazione scritta, detta Tesi di Laurea, elaborata autonomamente dal candidato. Gli esami di Laurea sono pubblici.

Il diploma di Laurea riporta il titolo di laureato in chimica, mentre il relativo certificato rilasciato al laureato farà menzione dell'indirizzo seguito.

Commissione di esame per l'AA 1998/99:

Alberto Ripamonti (Presidente), Sandro Torroni, Giancarlo Torsi, Gabriele Cazzoli, Gianfranco Cainelli, Fabrizio Bolletta, Maria Grazia Giorgini, Dario Braga, Giuseppina Ceccorulli, Antonio Arcelli, Relatore di tesi.

Sostituti: Romolo Francesconi, Giuseppe Innorta, Mauro Maestri, Achille Umani Ronchi, Sergio Valcher, Carlo Castellari, Alessandro Bongini, Bruno Lunelli.

Calendario degli appelli di esame di laurea:

- 24 giugno 1999 ore 9
- 15 luglio 1999 ore 9
- 28 ottobre 1999 ore 15
- 9 dicembre 1999 ore 15
- 24 febbraio 2000 ore 15
- 23 marzo 2000 ore 15.

TUTORATO

Il Tutorato è finalizzato ad orientare ed assistere gli studenti lungo tutto il corso degli studi, a rimuovere gli ostacoli ad una proficua frequenza dei corsi, anche attraverso iniziative rapportate alle necessità, alle attitudini ed alle esigenze dei singoli.

Tutti i Professori ed i Ricercatori svolgono attività di tutorato. L'abbinamento Tutore-Studente è disposto seguendo l'ordine alfabetico all'inizio di ogni anno accademico per gli studenti che si immatricolano.

Programmi dei corsi

BIOPOLIMERI

Docente: Mariastella Scandola

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 5° anno

Crediti: 7

Esame: orale

Scopo del corso: approfondimento degli aspetti strutturali dei biopolimeri e apprendimento dei metodi di indagine atti a determinare variazioni strutturali.

Contenuto del corso: Livelli di struttura in proteine, acidi nucleici e polisaccaridi. Analisi conformazionale. Metodi fisici per la determinazione della struttura di biopolimeri. Variazioni conformazionali in proteine e acidi nucleici.

Testi consigliati

C. CANTOR, P. SCHIMMEL, *Biophysical Chemistry* (3 Vol.), Freeman, San Francisco (1980).

W. SAENGER, *Principles of Nucleic Acid Structure*, Springer-Verlag, New York (1984).

T. CREIGHTON, *Protein Folding*, Freeman, New York (1992).

C. BRANDEN, J. TOOZE, *Introduzione alla Struttura delle Proteine*, Zanichelli, Bologna (1993).

CHIMICA ANALITICA (1° CORSO)

Docente: Giancarlo Torsi

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 3° anno

Crediti: 6; [13 con laboratorio di Chimica Analitica (3° corso)]

Esame: orale, integrato con Laboratorio di chimica Analitica (3° corso)

Scopo del corso: il corso intende dare allo studente conoscenze fondamentali di funzionamento della strumentazione analitica più comune assieme al modo per ottenere dalla risposta strumentale il dato qualitativo e quantitativo.

Contenuto del corso: Teoria degli errori e metodi statistici elementari applicati

alle misure analitiche. Cromatografia basata sulla separazione di fasi in condizioni ideali, cromatografie reali con relativa strumentazione. Spettroscopia (IR, UV-Vis, Atomica) con particolare riferimento all'analisi elementare con differenti tecniche. Potenzimetri con elettrodi ione-selettivi. Processi elettrodici con passaggio di corrente e relative misure analitiche. Elettrodi a mercurio. Elementi di spettrometria di massa.

Testi consigliati

J. N. BUTLER, *Equilibri Ionici*, Ed. Universo, Roma, 1969.

J. C. MILLER, J. N. MILLER, *Statistics For Analytical Chemistry*, John Wiley & Sons, New York, 1984.

D. C. HARRIS, *Chimica Analitica Quantitativa*, Zanichelli, Bologna, 1991.

G. SAINI, A. LIBERTI, *Chimica Analitica*, Utet, Torino, 1980.

D. A. SKOOG, J. J. LEARY, *Chimica Analitica Strumentale*, Edipes, Napoli, 1995.

CHIMICA ANALITICA (2° CORSO)**Docente: Sergio Valcher**

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 4° anno

Crediti: 8; [16 con Laboratorio di Chimica Analitica (4° corso)]

Esame: orale, integrato con Laboratorio di Chimica Analitica (4° corso)

Scopo del corso: Il corso si ripromette di approfondire le conoscenze su fondamenti teorici e su tecniche analitiche con attenzione a metodologie, come l'analisi di tracce e la speciazione dei metalli, connesse con le problematiche ambientali.

Contenuto del corso: Equilibri in soluzione. Tecniche spettrofotometriche per analisi di tracce. Tecniche lettrochimiche per analisi di tracce. Tecniche cromatografiche avanzate. Speciazione in matrici naturali. Tecniche per l'analisi delle superfici. Tecniche analitiche combinate.

Testi consigliati

H.H. WILLARD, L.L. MERRIT JR., J.A. DEAN & F.A. SETTLE JR. *Instrumental Methods of Analysis* Ed. da Wadsworth Inc.

CHIMICA ANALITICA STRUMENTALE**Docente: Sergio Valcher****Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 3° anno**Crediti:** 7**Esame:** orale

Scopo del corso: Il corso si ripromette di approfondire le conoscenze sulla strumentazione chimica e analitica attraverso l'esame preliminare dei principi teorici e pratici degli strumenti di misura.

Contenuto del corso: Architettura Generale di strumentazione di misura e controllo. Elementi di elettronica. Struttura di sistemi di acquisizione ed elaborazione di dati. Trasduttori d'impiego generale. Strumentazione spettrofotometrica. Tecniche elettroanalitiche, strumentazione elettrochimica. Rivelatori per Cromatografia.

Testi consigliati

H.A.STROBEL & W.R. HENEMAN *Chemical Instrumentation: A Systematic Approach*, third Edition - Ed. da J.Wiley & Sons Inc.

CHIMICA BIOINORGANICA**Docente: Piera Sabatino****Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 5° anno**Crediti:** 7**Esame:** orale

Scopo del corso: Illustrare i principi più importanti delle diverse aree di ricerca al confine tra Chimica Inorganica e Biologia attraverso lo studio delle interazioni degli ioni metallici con proteine ed acidi nucleici in sistemi reali e sistemi modello.

Contenuto del corso: Gli elementi chimici in biologia. Richiami dei principi della chimica di coordinazione correlati alla bioinorganica. Proprietà delle molecole biologiche: proteine ed acidi nucleici. Metodi fisici di indagine in chimica bioinorganica. Selezione degli elementi in biologia. Controllo ed utilizzo della concentrazione degli ioni metallici nelle cellule. Interazione degli ioni metallici con proteine ed acidi nucleici: legame, struttura e stabilità. Proteine a trasferimento di elettroni. Meccanismi non redox. Chimica del trasferimento di atomi e di gruppi. Processi di biomineralizzazione: interazione tra minerali biogenici e matrice macromolecolare.

Testi consigliati

S. J. LIPPARD and J. M. BERG, *Principles of bioinorganic chemistry* (1994), University Science Books, Mill Valley, California.

CHIMICA BIOLOGICA (1° CORSO)

Docente: Bruno Andrea Melandri

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 3° anno

Crediti: 7

Esame: orale

Scopo del corso: Il corso intende introdurre lo studente ai problemi biologici, dandogli una visione preliminare, in termini chimici, della organizzazione strutturale, funzionale e metabolica della materia vivente.

Contenuto del corso: Organizzazione della materia vivente. Metaboliti e macromolecole. Quadro termodinamico generale degli organismi viventi. Informazione genetica ed energia. Vincoli cinetici dell'attività metabolica e ruolo degli enzimi. Struttura e funzione delle proteine. Aminocidi e legame peptidico. Organizzazione strutturale delle proteine. Studio strutturale e delle proprietà molecolari delle proteine. Enzimi ed esempi di catalisi enzimatica. Elementi di cinetica enzimatica. Enzimi allosterici. Struttura e nozioni preliminari sul ruolo degli acidi nucleici. Polimerasi e nucleasi. Nucleotidi come coenzimi. Glucidi. Oligo e polisaccaridi. Nozioni strutturali di base. Struttura e proprietà delle biomembrane. Fosfolipidi e glicolipidi. Proprietà elettriche e di fluidità del doppio strato lipidico. Proteine intrinseche di membrana e generalità sulle loro funzioni. Bioenergetica. Reazioni accoppiate. Ruolo dell'ATP. Reazioni di trasferimento di gruppo. Coenzima A e tioesteri. Reazioni di ossidoriduzione e coenzimi ossidoriduttivi. Respirazione, fotosintesi e sintesi chemiosmotica dell'ATP. Metabolismo intermedio glucidica, lipidico e aminoacidico. Principali vie cataboliche e biosintetiche. Meccanismi di reazione specifici, trattati di volta in volta con specifici esempi. Aspetti principali della regolazione metabolica. Cenni ai metabolismi organo-specifici ed alle integrazioni metaboliche fra organi. Cenni continui alle diversità metaboliche in vegetali e batteri, senza entrare nei dettagli. Trasmissione della informazione genetica. Struttura del DNA; sua duplicazione e riparazione. Trascrizione del RNA e sua maturazione post-trascrizionale. Ruolo dei diversi RNA stabili. Sintesi delle proteine. Ribosoma e sua struttura. RNA di trasferimento. Codoni e codice genetico. RNA messengeri. Meccanismi di sintesi delle proteine. Cenni alle modificazioni post-traduzionali delle proteine e al problema della distribuzione intracellulare delle proteine.

Testi consigliati

STRYER L., *Biochimica*, 3a Edizione, Zanichelli, Bologna.

BRANDEN C. e TOOZE J., *Introduzione alla struttura delle proteine*, Zanichelli, Bologna, 1993.

CHIMICA BIORGANICA**Docente: Giuliana Cardillo****Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 4° anno**Crediti:** 7**Esame:** orale

Scopo del corso: Aspetti generali di biocatalisi considerando la specificità degli enzimi. Uso di enzimi per reazioni selettive.

Contenuto del corso: Enzimi in sintesi organica: specificità degli enzimi; utilizzo della specificità strutturale per reazioni selettive; utilizzo della specificità prochirale; reazioni di enzimi multipli. Enzimi esterolitici e lipolitici in sintesi organica. Aspetti generali di biocatalisi enantioselettive in solventi organici. Applicazione della Pig Liver esterasi in sintesi asimmetrica. Baker's yeast come reagente in sintesi organica. Enzimi nella sintesi di farmaci chirali.

Testi consigliatiR. H. ABELES, P. A. FREY, W. P. JENCKS, *Biochimica*, Piccin, Padova.H. DUGAS, *Bioorganic chemistry. A chemical approach to enzyme action*, Springer, New York.K. FABER, *Biotransformation in organic synthesis*, Springer Verlag.**CHIMICA COMPUTAZIONALE****Docente: Fabrizia Negri****Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 5° anno**Crediti:** 7**Esame:** orale

Scopo del corso: Questo corso si propone di fornire una introduzione ad alcune tecniche usate nella modellistica molecolare e di illustrare come queste tecniche possono essere utilizzate per studiare fenomeni fisici, chimici e biologici. L'obiettivo principale è di porre lo studente in condizione di sapersi orientare nella scelta e nell'uso dei diversi metodi disponibili.

Contenuto del corso: Modelli quanto-meccanici. Modelli basati su campi di forze empirici: meccanica molecolare. Minimizzazione dell'energia e metodi per esplorare le superfici di energia potenziale. Metodi di simulazione al computer: aspetti pratici. Il metodo della dinamica molecolare. Il metodo Monte Carlo. Analisi conformazionale. Calcolo dell'energia libera. Solvatazione. Simulazione di reazioni chimiche. Modellistica molecolare e disegno di nuove molecole.

Testi consigliati

A. R. LEACH, *Molecular modelling: principles and applications*, Longman, (1996).

A. HINCHLIFFE, *Modelling molecular structures*, Wiley, (1996).

CHIMICA DEI MATERIALI CON LABORATORIO

Docente: Dario Braga

Tipo: 90 ore di attività didattiche, 1° semestre, 4° anno

Crediti: 7

Esame: scritto

Scopo del corso: (a) Fornire un contatto diretto con le moderne tecniche sia sperimentali che teoriche per la sintesi, la caratterizzazione e lo studio dei materiali solidi organici, inorganici ed organometallici; (b) studiare le strutture allo stato solido per mezzo di banche dati e grafica computazionale; (c) ingegneria cristallina mediante interazioni non covalenti.

Contenuto del corso: richiami di struttura dei solidi, proprietà, comportamenti dinamici allo stato solido, disordine statico e dinamico. Transizione di fase solido-solido. Preparazione di solidi a partire da costituenti molecolari noti. Utilizzo delle banche dati. Progettazione teorica e costruzione di architetture solide preorganizzate. Concetti fondamentali di cristallografia e di chimica dello stato solido. Operatori di simmetria. Raccolta di dati di diffrazione su cristallo singolo, trattamento dei dati, risoluzione della struttura ed affinamento. Analisi dell'impaccamento, interazioni intermolecolari, coesione cristallina. Concetti di diffrazione di polveri, NMR allo stato solido, IR, Raman, DSC ed altre tecniche per lo studio dei solidi. Esperienze pratiche suddivise tra esperienze di sintesi, di diffrazione, di calorimetria e computazionali.

CHIMICA DELL'AMBIENTE

Docente: Maria Giovanna Bettoli

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° Semestre, 4° anno)

Crediti: 7

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire un panorama completo di conoscenza dei cicli biogeochimici globali attraverso lo studio delle sorgenti, delle reazioni, del trasporto, degli effetti chimici e del destino dei diversi elementi e composti chimici, di origine sia naturale che antropica, presenti nelle diverse componenti ambientali (acqua, suolo e aria).

Contenuto del corso

Principi generali di chimica ambientale (terminologia, definizioni, cenni sui modelli di studio); origine della crosta terrestre, composizione, fotosintesi; cicli biogeochimici. Acqua e cicli idrologici: cenni di chimica e biochimica per l'ecosistema acquatico classificazione, processi, ciclo dell'acqua, composizione, proprietà fisiche, chimiche, solubilità, alcalinità, processi ossidoriduttivi. Trattamento di acque reflue. Oceani: cenni di oceanografia (modelli a box, vie di trasporto, flussi, traccianti) produzione primaria, cicli dei nutrienti, elementi in tracce nell'oceano. Materiale particolato. Aerosols.

Sedimenti marini: cenni di geochimica. Formazione, classificazione, distribuzione, composizione chimica. Processo di sedimentazione. Utilizzo di traccianti radiochimici nella determinazione delle velocità di sedimentazione. Interazione con i cicli biogeochimici attraverso la diagenesi. Ripristino di sedimenti inquinati. Atmosfera: descrizione e caratteristiche fisiche, composizione chimica. Reazioni fotochimiche, smog fotochimico, produzione e distruzione di ozono, effetto serra e clima della Terra. Deposizioni acide e carichi critici. Suolo: cenni di chimica del suolo, geosfera, sorgenti naturali ed artificiali tossiche, chimica dei rifiuti tossici. Disgregazione e trattamento dei rifiuti tossici e nocivi. Cicli globali degli elementi principali: C, N, P, e S.

Testi consigliati

S.S. BUTCHER, R.J. CHARLSON, G.H. ORIANS, G.V. WOLFE *Global Biogeochemical Cycles* Academic Press, 1992

P. O'NEIL *Environmental Chemistry* Chapman & Hall II Ed., 1993

W.H. SEHLENSINGER *Biogeochemistry: an Analysis of Global Change* Academic Press, 1991

S. E. MANAHAN *Environmental Chemistry* Lewis Publishers, 1991

R. CHESTER *Marine Geochemistry* Chapman & Hall, 1993

CHIMICA DELLE RADIAZIONI

Docente: Margherita Venturi

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 4° anno

Crediti: 7

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire allo studente le nozioni di base per interpretare gli effetti chimici indotti dall'assorbimento delle radiazioni di alta energia (ionizzanti) da parte della materia; mostrare le potenzialità della chimica delle radiazioni per generare e caratterizzare chimicamente e cineticamente specie a vita breve; evidenziare i risvolti applicativi e i vantaggi che le tecnologie connesse a questa disciplina offrono.

Contenuto del corso: Interazione delle radiazioni ionizzanti (radiazioni elettromagnetiche ad alta energia e particelle) con la materia; meccanismo di deposizione dell'energia ed effetti chimici indotti (radiolisi). Radiolisi di gas e meccanismo ione-

molecola. Radiolisi di solidi e produzione dei centri V ed F. Radiolisi di liquidi con particolare riguardo all'acqua e alle soluzioni acquose; caratterizzazione chimico-fisica dei radicali primari e produzione dei radicali secondari; condizioni ossidanti e riducenti; reazioni di trasferimento elettronico (esempi in campo inorganico ed organico). Interazione radiazioni ionizzanti-sistemi biologici e cenni sul meccanismo di danno e riparo. Dosimetria ed esempi di dosimetri assoluti e secondari con particolare riguardo ai dosimetri chimici. Applicazioni delle radiazioni ionizzanti in campo industriale (sterilizzazione, polimerizzazione, drogaggio di semiconduttori), in campo alimentare (a scopo antigermogliativo, disinfestante, conservativo), in campo ambientale (trattamento dei rifiuti urbani, abbattimento dei fumi industriali) e nel campo dei beni culturali (identificazione e conservazione di opere d'arte). Sorgenti di radiazioni ionizzanti continue e pulsate (acceleratori) e principali tecniche di rilevamento a tempi brevi (spettrofotometria cinetica, conducibilità).

Testi consigliati

J.W.T. SPINKS AND R.J. WOODS *An Introduction to Radiation Chemistry*, 3rd edition, Wiley Interscience, New York (1990).

Dispense integrative

CHIMICA DELLO STATO SOLIDO

Docente: Norberto Roveri

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 4° anno

Crediti: 7

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire un'informazione avanzata sugli aspetti più rilevanti della Chimica Inorganica quali la sintesi, la struttura e le proprietà chimico-fisiche dei composti inorganici dando particolare risalto alla chimica dello stato solido.

Contenuto del corso: Concetti basilari della cristallografia: simmetria, reticoli, gruppi punto e gruppi spaziali. Sintesi dei materiali inorganici: metodi di sintesi ad alta e bassa temperatura, metodi di sintesi in soluzione ed idrotermali. Struttura dei cristalli ionici, covalenti e metallici. Ossidi dei metalli di transizione: struttura della perovskite e dello spinello. Proprietà elettroniche, magnetiche ed ottiche, dei materiali inorganici: struttura a bande e conducibilità elettrica, applicazioni della teoria delle bande ai materiali inorganici; magnetismo in strutture estese, ferromagnetismo, ferrimagnetismo e antiferromagnetismo; proprietà ottiche dei solidi. Difetti cristallini: diffusione nei solidi e transizioni di fase. Composti di intercalazione: struttura e proprietà delle zeoliti, argille e composti di intercalazione della grafite. Recenti sviluppi nella chimica dei materiali inorganici: superconduttori inorganici, materiali contenenti metalli per l'ottica non lineare. Materiali inorganici biogenici: biomateriali, progettazione di cristalli,

meccanismi di controllo.

Testi consigliati

M. T. WELLER, *Inorganic Material Chemistry*, Oxford University Press. (1994)

R. J. BORG AND G. J. DIENES, *The Physical Chemistry of Solids*, Academic Press (1992)

D. W. BRUCE AND D. O'HARE, *Inorganic Materials*, John Wiley e Sons (1992)

CHIMICA DELLE SOSTANZE ORGANICHE NATURALI

Docente: Sergio Sandri

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 4° anno

Crediti: 7

Esame: orale

Scopo del corso: 1) Fornire gli strumenti per la comprensione dell'approccio meccanicistico e biosintetico del metabolismo secondario. 2) Portare a conoscenza dello studente alcuni metodi di sintesi asimmetrica utilizzati per importanti molecole biologicamente attive (-aminoacidi, prostaglandine, peptidi e feromoni). 3) Illustrare le strategie utilizzate per determinare la struttura di composti organici naturali.

Contenuto del corso: -aminoacidi (proprietà e sintesi enantioselettive), Peptidi (sintesi in soluzione e in fase solida). Metaboliti secondari derivanti dall'acetato: polichetidi aromatici (fenoli, antrachinoni, tetracicline, antibiotici macrociclici, daunomicina e sua determinazione strutturale), prostaglandine (biogenesi, proprietà e possibili applicazioni in terapia, classificazione e sintesi della PGF₂) e feromoni (struttura e sintesi di feromoni sessuali di insetti). Composti aromatici derivanti dall'acido scichimico (-aminoacidi aromatici, cinnamati, cumarine, melanina, lignina e tannini). Composti aromatici con biogenesi mista (flavomoidi). Acido mevalonico (biosintesi delle unità C₅, terpeni, carotenoidi, stereodi ed ormoni). Metabolismo secondario degli aminoacidi (alcaloidi dal metabolismo dell'ornitina, lisina e fenilalanina). Antibiotici (macrolidi, -lattami, tetracicline).

Testi consigliati

J. MANN, *Secondary Metabolism*, Oxford University Press (1987, seconda edizione).

TEDDER, MURRAY, NECHVATAL, CARNDUFF, *Natural products*, vol. 4, John Wiley & Sons (1972).

CHIMICA E TECNOLOGIA DEI POLIMERI**Docente: Giuseppina Ceccorulli****Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 4° anno**Crediti:** 7**Esame:** orale

Scopo del corso: Sviluppare ed approfondire le conoscenze relative alla sintesi, caratterizzazione e trasformazione di classi di polimeri tradizionali e innovativi. Valutare l'impatto ambientale e le soluzioni proposte.

Contenuto del corso: Classi di polimeri di sintesi e innovativi (poliesteri, poliammidi, poliolefine, poliuretani ecc.). Modificazioni chimiche di polimeri. Gli additivi nei materiali polimerici. Processi di trasformazione, tecnologie ed applicazioni. Caratterizzazione di polimeri mediante tecniche di Analisi Termica (termogravimetria, analisi di volatilizzazione termica, calorimetria differenziale a scansione ecc.). Le materie plastiche e l'ambiente. Degradazione di polimeri (termica, ossidativa, fotochimica, biodegradazione). Smaltimento e riciclo di materie plastiche (PE, PET, PVC ecc.).

Testi consigliati

Appunti di lezione

F. CIARDELLI ed al., *Macromolecole, Scienza e Tecnologia*, Vol. I (1983) e Vol. II (1986), Ed. Pacini, Pisa.M. GUAITA, F. CIARDELLI ED AL. *Fondamenti di Scienza dei Polimeri*, 1988, Ed, Pacini, Pisa.**CHIMICA FISICA (INDIRIZZO APPLICATIVO)****Docente: Giorgio Orlandi****Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 4° anno**Crediti:** 8; [16 con Laboratorio di Chimica Fisica (indirizzo Applicativo)]**Esame:** orale, integrato con Laboratorio di Chimica Fisica (indirizzo Applicativo)

Scopo del corso: fornire agli studenti gli strumenti della chimica quantistica e della termodinamica statistica necessari per descrivere proprietà spettroscopiche e trasferimenti di carica e di energia in molecole estese, aggregati molecolari e nello stato solido.

Contenuto del corso: Stati elettronici e vibrazionali di molecole poliatomiche. Orbitali molecolari, configurazioni e stati elettronici. Spettroscopia nelle regioni del visibile e UV; momenti di transizione e intensità di transizioni elettroniche. Simmetria, classificazione degli stati molecolari, regole di selezione. Vibrazioni nelle molecole poliatomiche. Struttura vibrazionale delle transizioni elettroniche: principio di Franck-Condon e transizioni indotte vibronicamente. Proprietà degli stati eccitati. Transizioni

non radiative nelle molecole. Dimeri e aggregati lineari; eccitoni molecolari. Dimeri, eccimeri, ecciplessi, trasferimento di energia e di carica; cromofori separati da spaziatori. Complessi di metalli di transizione: eccitazioni locali e CT.

Proprietà elettriche delle molecole. Polarizzazione elettrica, costante dielettrica in fluidi polari e non polari; dipendenza dalla frequenza della costante dielettrica. Interazioni intermolecolari.

Elementi di Termodinamica Statistica. Applicazioni ai gas ideali e reali, e al gas di elettroni. Cenni di struttura e proprietà dei liquidi e simulazioni di Dinamica Molecolare.

Elementi di teoria dello Stato Solido. Moti di reticolo e proprietà termiche. Cristalli Molecolari.

Testi consigliati

P.W. ATKINS, *Physical Chemistry*, Oxford Univ. Press 1997

S. BERRY, S.A. RICE AND J. ROSS, *Physical Chemistry*, 1980

M. KLESSINGER AND J. MICHL, *Excited States and Photochemistry of Organic Molecules*, VCH 1994, Cap. 1 e 2.

CHIMICA FISICA (INDIRIZZO SCIENZE MOLECOLARI)

Docente: Gabriele Cazzoli

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 4° anno

Crediti: 8; [16 Con Laboratorio di Chimica Fisica (ind. Scienze Molecolari)]

Esame: orale, integrato con Laboratorio di Chimica Fisica (ind. Scienze Molecolari)

Scopo del corso: presentare un compendio sistematico dei principi di meccanica quantistica che sono essenziali per una corretta interpretazione delle proprietà degli atomi e delle molecole.

Contenuto del corso: Fondamenti di Meccanica Quantistica: i postulati della Meccanica Quantistica; gli operatori in Meccanica Quantistica; principio di indeterminazione; la meccanica delle matrici. Momenti Angolari: operatori di momento angolare; operatori di salita e di discesa; autovalori ed autofunzioni del momento angolare; accoppiamento di momenti angolari. Teoria dei gruppi: introduzione alla teoria dei gruppi; applicazioni della teoria dei gruppi. Metodi approssimati: teoria delle perturbazioni indipendenti dal tempo per sistemi non degeneri e degeneri; Metodo variazionale; teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo; regole di selezione per la spettroscopia atomica e molecolare; tempo di vita ed incertezza dell'energia di uno stato. Applicazioni: spettri atomici; effetto Zeeman e Stark; struttura elettronica molecolare; moto rotazionale e vibrazionale molecolare; proprietà elettriche e magnetiche molecolari.

Testi consigliati

P.W. ATKINS, *Molecular Quantum Mechanics*, II° Edizione.

CHIMICA FISICA (1° CORSO)**Docente: Bruno Lunelli****Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 2° anno**Crediti:** 7, [15 con Laboratorio di Chimica Fisica (1° corso)]**Esame:** scritto e orale, integrato con Laboratorio di Chimica fisica (1° corso)

Scopo del corso: Fornire allo studente una comprensione critica dei principi della termodinamica classica, esposta mediante l'approccio di Carathéodory sia per il primo che il secondo principio e consentirgli di applicare la matematica appena appresa a problemi chimici reali.

Contenuto del corso: Principi impliciti e fondamentali della termodinamica. Sistema, equilibrio, stato, processo a controllo cinetico e termodinamico. Primo principio, termochimica; secondo principio, trasformazione di Legendre; terzo principio. Sistemi particolari: gas, miscele, soluzioni di nonelettroliti e di elettroliti. Equilibrio di fase e di reazione: regola delle fasi, stabilità dell'equilibrio, sistemi anche eterogenei con più reazioni chimiche indipendenti.

Testi consigliatiK. DENBIGH, *The principles of chemical equilibrium*, C. U. P., Cambridge, 1989.C. J. ATKINS, *Equilibrium thermodynamics*, C. U. P., Cambridge, 1985.**CHIMICA FISICA (2° CORSO)****Docente: Walther Caminati****Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 3° anno**Crediti:** 6; [13 con Laboratorio di Chimica Fisica (2° corso)]**Esame:** scritto e orale, integrato con Laboratorio di Chimica Fisica (2° corso)

Scopo del corso: Presentare un compendio sistematico dei principi di meccanica quantistica e fornire una descrizione e interpretazione delle principali proprietà di atomi e molecole.

Contenuto del corso: Principi di meccanica quantistica: principio di indeterminazione, equazione di Schroedinger, funzioni d'onda, variabili dinamiche e operatori quantistici. Trattazione di alcuni sistemi semplici: particella nella scatola, oscillatore armonico, l'effetto tunnel. Cenni sui momenti angolari, rotatore nel piano e nello spazio, atomo di idrogeno e il suo spettro, spin elettronico, interazione spin-orbita. Cenni sui metodi approssimati perturbativo e variazionale. Sistemi di particelle identiche, principio di Pauli. Atomo di elio e il suo spettro; atomi a molti elettroni, energia di configurazioni e di stati elettronici. Il legame chimico: approssimazione di Born-

Oppenheimer, struttura elettronica e legame chimico in H_2^+ e H_2 . Molecole biatomiche omo- ed etero-nucleari. Molecole poliatomiche, metodo di Hückel. Cenni sulla spettroscopia vibrazionale e rotazionale di molecole biatomiche. Principi di spettroscopia di risonanza magnetica. Principi di termodinamica statistica

Testi consigliati

Appunti di lezione

G. K. VEMULAPALLI, *Chimica Fisica*, Edises.

CHIMICA FISICA (3° CORSO)**Docente: Gabriele Cazzoli**

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 4° anno

Crediti: 8; [16 Con Laboratorio di Chimica Fisica (3° corso)]

Esame: orale, integrato con Laboratorio di Chimica Fisica (3° corso)

Scopo del corso: Presentare un compendio sistematico dei principi di meccanica quantistica che sono essenziali per una corretta interpretazione delle proprietà degli atomi e delle molecole.

Contenuto del corso: Fondamenti di Meccanica Quantistica: i postulati della Meccanica Quantistica; gli operatori in Meccanica Quantistica; principio di indeterminazione; la meccanica delle matrici. Momenti Angolari: operatori di momento angolare; operatori di salita e di discesa; autovalori ed autofunzioni del momento angolare; accoppiamento di momenti angolari. Teoria dei gruppi: introduzione alla teoria dei gruppi; applicazioni della teoria dei gruppi. Metodi approssimati: teoria delle perturbazioni indipendenti dal tempo per sistemi non degeneri e degeneri; Metodo variazionale; teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo; regole di selezione per la spettroscopia atomica e molecolare; tempo di vita ed incertezza dell'energia di uno stato. Applicazioni: spettri atomici; effetto Zeeman e Stark; struttura elettronica molecolare; moto rotazionale e vibrazionale molecolare; proprietà elettriche e magnetiche molecolari.

Testi consigliati

P. W. ATKINS, *Molecular Quantum Mechanics*, II° Edizione.

CHIMICA FISICA (4° CORSO)**Docente: Giorgio Orlandi****Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 4° anno**Crediti:** 8; [16 con Laboratorio di Chimica Fisica (4° corso)]**Esame:** orale, integrato con Laboratorio di chimica Fisica (4° corso)

Scopo del corso: Miglioramenti riflessivi nella comprensione della termodinamica classica; ottenimento di varie espressioni di termodinamica statistica cui si fa riferimento negli altri corsi di Chimica Fisica.

Contenuto del corso: Termodinamica statistica; teoria cinetica e proprietà di trasporto dei gas. Insiemi statistici ed identificazioni termodinamiche. Gas ideale nei vari insiemi. Bosoni e fermioni. Espansione del viriale per bosoni e fermioni. Funzione di partizione semiclassica; teorema dell'equipartizione dell'energia. Distribuzione delle velocità in un fluido classico. Energia interna e sua separabilità; fluttuazioni di energia nell'insieme canonico. Gas monoatomici, diatomici, poliatomici. Equilibrio chimico in miscele di gas ideali reagenti. Radiazione del corpo nero: gas di fotoni. Proprietà elettriche delle molecole. Forze intermolecolari. Gas reali. Meccanica statistica numerica: Monte Carlo e dinamica molecolare. Teorie dei liquidi; funzioni di distribuzione ed equazioni di van der Waals estese. Funzione di partizione di reticolo per cristalli ideali atomici: modello di Einstein; approssimazione di Debye. Funzione di partizione del reticolo per cristalli ideali molecolari e ionici: approssimazione di Born. Funzioni termodinamiche per elettroni liberi nei metalli. Difetti nei cristalli. Pressione del gas ideale ed effusione molecolare. Collisioni molecolari e cammino libero medio. Proprietà di trasporto dei gas. Viscosità dei gas. Conduzione termica. Diffusione nei gas. Random walk. Moto Browniano: relazione di Einstein per la mobilità. Moto Browniano: teoria di Langevin. Diffusione collegata alla velocità di fluttuazione all'equilibrio. Cenni di geometria frattale e sue applicazioni.

Testi consigliati

C. E. HECHT, *Statistical thermodynamics and kinetic theory*, W. H. Freeman and Co., New York (1990).

F. L. HILL, *Introduzione alla termodinamica statistica*, Piccin, Padova, 1970.

L. K. NASH, *Elements of classical and statistical thermodynamics*, Addison-Wesley Publishing Co., Reading (MA, 1970).

CHIMICA FISICA AMBIENTALE**Docente: Romolo Francesconi****Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 4° anno**Crediti:** 8; [16 con Laboratorio di Chimica Fisica Ambientale]**Esame:** orale, integrato con Laboratorio di Chimica Fisica Ambientale

Scopo del corso: Fornire le basi per capire, descrivere e risolvere i problemi ambientali.

Contenuto del corso: Bilanci di massa, energia ed entropia nei sistemi aperti a molti componenti, con reazioni chimiche e presenza di gradienti di temperatura, pressione o composizione all'interno del volume di controllo. Particolare risalto è dato agli aspetti chimici dell'inquinamento dell'aria e del trattamento delle acque reflue. I fenomeni di trasporto vengono analizzati anche da un punto di vista molecolare. Esercizi numerici vengono dati agli studenti o svolti in aula.

CHIMICA FISICA DELLO STATO SOLIDO E DELLE SUPERFICI

Docente: Giuseppe Piazza

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 5° anno

Crediti: 7

Esame: orale

Scopo del corso: Stabilire una chiara correlazione tra le proprietà delle molecole isolate e quelle dei solidi e, in questi, tra quelle di volume e quelle di superficie. Discutere alcune proprietà rilevanti dello stato solido e il ruolo degli stati di superficie nell'adsorbimento e nella catalisi. Il tutto in una visione moderna della materia, in cui la rappresentazione nello spazio diretto per la descrizione dei difetti, nei materiali cristallini e non, e del loro ruolo è altrettanto importante quanto quella tradizionale nello spazio reciproco.

Contenuto del corso: Equazione di stato «universale» per i metalli. Mappe di struttura. Metalli, semiconduttori e isolanti. La molecola diatomico mononucleare ed eteronucleare. Dal finito all'infinito (molecole a catena e spazio k ; ordine di legame in un sistema infinito; densità di stati, totale e locale; energia di banda e di legame; teorema dei momenti). Sistemi bi- e tri-dimensionali (zone di Brillouin; superficie di Fermi; densità di stati; matrice di densità, ordine ed energia di legame). Regioni di banda non permesse (gap di banda), origini e conseguenze. Distorsioni di Peierls. Teoria dell'elettrone libero nei metalli. I metalli di transizione. Il Silicio come esempio di semiconduttore. Stabilità strutturale dei composti. Cenni della teoria funzionale di densità. Casi in cui la teoria a bande fallisce (localizzazione elettronica; polaroni; localizzazione di Anderson). Composizione chimica e struttura delle superfici. Caratterizzazione delle superfici solide. Proprietà elettroniche delle superfici (potenziale di contatto, stati di superficie e deformazione delle bande, plasmoni, ottica delle superfici). Moto degli atomi sulla superficie. Adsorbimento di atomi e di molecole. Processi epitassiali. Natura del legame chimico di superficie (struttura ed energetica). Catalisi eterogenea. Influenza del campo elettrostatico esterno sulle proprietà di superficie e di interfase.

Testi consigliati

Dispense appositamente preparate.

CHIMICA GENERALE ED INORGANICA

Docente: Giuseppe Innorta

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 1° anno

Crediti: 10; [20 con Laboratorio di Chimica Generale ed Inorganica]

Esame: scritto e orale, integrato con Laboratorio di Chimica Generale ed Inorganica

Scopo del corso: Introdurre gli studenti del primo anno del corso di laurea in chimica ai concetti fondamentali della materia e dare le prime nozioni necessarie per razionalizzare la reattività di composti inorganici.

Contenuto del corso: Leggi fondamentali della stechiometria e calcoli stechiometrici. Natura delle soluzioni. Contenuto delle soluzioni. Equazione di stato del gas ideale. Teoria cinetica dei gas. Equazione di van der Waals. Primo principio della termodinamica. Funzioni di stato. Entalpia. Costituzione degli atomi. Modello di Bohr. Risultati dell'equazione d'onda per l'atomo di idrogeno. Orbitali, numeri quantici. Atomi polielettronici. Il legame ionico. Il legame covalente. Geometria molecolare secondo il modello VSEPR. L'equilibrio chimico. Costante di equilibrio. Spostamento dell'equilibrio. Acidi e basi secondo Arrhenius e secondo Bronsted. Il pH. Idrolisi. Soluzioni tampone. Titolazioni acido-base ed indicatori di pH. Prodotto di solubilità. Secondo principio della termodinamica. Entropia ed energia libera. Lo stato liquido. Tensione di vapore. Diagrammi di stato ad un componente. Proprietà colligative. La velocità di reazione. Ordine di reazione. Meccanismo di reazione. Energia di attivazione. Celle elettrochimiche. Potenziali standard di riduzione. Costanti di equilibrio da misure elettrochimiche. Distribuzione degli elementi in natura. Metodi generali di preparazione degli elementi dai minerali. Proprietà di idruri, ossidi, ossiacidi, cationi ed anioni monoatomici lungo il sistema periodico. Proprietà degli elementi rappresentativi e di loro importanti composti.

Testi consigliati

S. S. ZUMDAHL, *Chimica*, Zanichelli.

CHIMICA INORGANICA (INDIRIZZO SCIENZE MOLECOLARI)**Docente:** Fabrizio Bolletta**Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 4° anno**Crediti:** 8; [16 con Laboratorio di Chimica Inorganica (indirizzo Scienze Molecolari)]**Esame:** orale, integrato con Laboratorio di Chimica Inorganica (indirizzo Scienze Molecolari)

Scopo del corso: Definire il legame chimico, le proprietà spettroscopiche, quelle strutturali e di reattività dei composti di coordinazione e dei composti organometallici. Dimostrare come l'organizzazione di molecole in strutture supramolecolari possa risultare in sistemi chimici con proprietà preordinate.

Contenuto del corso: Cenni alla teoria dei gruppi; composti di coordinazione: teoria del legame di valenza; teoria degli orbitali molecolari; spettri elettronici di assorbimento ed emissione; reattività nei composti di coordinazione; chimica organometallica: metallo carbonili, nitrosili, metalloceni, complessi olefina metallo, catalisi.

Formazione di sistemi supramolecolari e ruolo della ricognizione molecolare; organizzazione di componenti fotoattivi ed elettroattivi in sensori; cenni di applicazioni di sistemi supramolecolari in catalisi, trasporto di farmaci, sintesi di nuovi materiali

Testi consigliatiATKINS, LANGFORD, SHRIVER *Chimica Inorganica*, Zanichelli, Bologna.J.-M. LEHN *Supramolecular Chemistry, Concepts and Perspectives*, VCH, Weinheim, 1995.**CHIMICA INORGANICA (1° CORSO)****Docente:** Vincenzo Giulio Albano**Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 3° anno**Crediti:** 6; [13 con Laboratorio di Chimica Inorganica (1° corso)]**Esame:** orale, integrato con Laboratorio di Chimica Inorganica (1° corso)

Scopo del corso: Fornire un'ampia conoscenza dei concetti fondamentali della chimica degli elementi sufficiente ad affrontare argomenti più specialistici. Descrizione e razionalizzazione della chimica degli elementi dei gruppi principali di transizione. Ad un livello introduttivo vengono trattati anche argomenti più avanzati.

Contenuto del corso: Il legame nelle molecole inorganiche. Aspetti geometrici ed elettronici dello stato solido. Acidi e basi secondo Bronsted e Lewis. I complessi dei metalli di transizione: struttura, legame, reazioni, spettri e meccanismi di reazione. Ossidazione e riduzione. Chimica degli elementi dei blocchi s e p: andamento periodico,

aspetti del legame ionico e covalente, proprietà fisiche e reattività degli elementi, stati di ossidazione. Chimica degli elementi del blocco d: legame e struttura, relazioni con le proprietà chimiche e fisiche, preparazione e usi. Chimica organometallica. Cenni di catalisi. Introduzione alla chimica bioinorganica.

Testi consigliati

COTTON, WILKINSON, GAUS, *Principi di Chimica Inorganica*, Ambrosiana, Milano.

ATKINS, LANGFORD, SHRIVER, *Chimica Inorganica*, Zanichelli, Bologna.

GREENWOOD, EARNSHAW, *Chimica degli Elementi*, vol. 1 & 2, Piccin, Padova.

CHIMICA INORGANICA (2° CORSO)

Docente: Norberto Roveri

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 4° anno

Crediti: 8; [16 con Laboratorio di Chimica Inorganica (2° corso)]

Esame: orale, integrato con Laboratorio di Chimica Inorganica (2° corso)

Scopo del corso: Fornire un'informazione avanzata sugli aspetti più rilevanti della Chimica Inorganica quali la sintesi, la struttura e le proprietà chimico-fisiche dei composti inorganici dando particolare risalto alla chimica dello stato solido.

Contenuto del corso: Concetti basilari della cristallografia: simmetria, reticoli, gruppi punto e gruppi spaziali. Sintesi dei materiali inorganici: metodi di sintesi ad alta e bassa temperatura, metodi di sintesi in soluzione ed idrotermali. Struttura dei cristalli ionici, covalenti e metallici. Ossidi dei metalli di transizione: struttura della perovskite e dello spinello. Proprietà elettroniche, magnetiche ed ottiche, dei materiali inorganici: struttura a bande e conducibilità elettrica, applicazioni della teoria delle bande ai materiali inorganici; magnetismo in strutture estese, ferromagnetismo, ferrimagnetismo e antiferromagnetismo; proprietà ottiche dei solidi. Difetti cristallini: diffusione nei solidi e transizioni di fase. Composti di intercalazione: struttura e proprietà delle zeoliti, argille e composti di intercalazione della grafite. Recenti sviluppi nella chimica dei materiali inorganici: superconduttori inorganici, materiali contenenti metalli per l'ottica non lineare. Materiali inorganici biogenici: biomateriali, progettazione di cristalli, meccanismi di controllo.

Testi consigliati

M. T. WELLER, *Inorganic Material Chemistry*, Oxford University Press (1994).

R. J. BORG and G. J. DIENES, *The Physical Chemistry of Solids*, Academic Press Inc. (1992).

D. W. BRUCE and D. O'HARE, *Inorganic Materials*, John Wiley e Sons (1992).

CHIMICA INORGANICA (3° CORSO)**Docente:** Fabrizio Bolletta**Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 4° anno**Crediti:** 8; [16 con Laboratorio di Chimica Inorganica (3° corso)]**Esame:** orale, integrato con Laboratorio di Chimica Inorganica (3° corso)

Scopo del corso: Definire il legame chimico, le proprietà spettroscopiche, quelle strutturali e di reattività dei composti di coordinazione e dei composti organometallici. Dimostrare come l'organizzazione di molecole in strutture supramolecolari possa risultare in sistemi chimici con proprietà preordinate.

Contenuto del corso: Cenni alla teoria dei gruppi; composti di coordinazione: teoria del legame di valenza; teoria degli orbitali molecolari; spettri elettronici di assorbimento ed emissione; reattività nei composti di coordinazione; chimica organometallica: metallo carbonili, nitrosili, metalloceni, complessi olefina metallo, catalisi.

Formazione di sistemi supramolecolari e ruolo della ricognizione molecolare; organizzazione di componenti fotoattivi ed elettroattivi in sensori; cenni di applicazioni di sistemi supramolecolari in catalisi, trasporto di farmaci, sintesi di nuovi materiali.

Testi consigliatiATKINS, LANGFORD, SHRIVER *Chimica Inorganica*, Zanichelli, Bologna.J.M. LEHN *Supramolecular Chemistry, Concepts and Perspectives*, VCH, Weinheim, 1995.**CHIMICA MACROMOLECOLARE****Docente:** Maria Pizzoli**Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 5° anno**Crediti:** 7**Esame:** orale

Scopo del corso: Sviluppare la comprensione delle relazioni esistenti tra struttura chimica, condizioni di polimerizzazione e proprietà allo stato solido di materiali polimerici mediante lo studio: a) dei meccanismi di polimerizzazione e copolimerizzazione, b) della distribuzione delle masse molecolari, c) della termodinamica in soluzione, d) delle transizioni termiche caratteristiche di macromolecole amorfe e parzialmente cristalline, e) dell'effetto della viscoelasticità sul comportamento meccanico.

Contenuto del corso: Definizioni e terminologia. Polimerizzazione a stadi e polimerizzazione a catena (radicalica, cationica, anionica): cinetica, distribuzione dei pesi molecolari, metodologie sperimentali. Copolimerizzazione: cinetica e rapporti di

reattività. Polimerizzazione stereospecifica. Masse molari medie e metodi sperimentali per la loro determinazione. Termodinamica di soluzioni polimeriche. Separazione di fase e frazionamento. Caratterizzazione in fase solida: stato amorfo e cristallino. Viscoelasticità e proprietà meccaniche.

Testi consigliati

J. M. G. COWIE, *Polymers: Chemistry and Physics of Modern Materials*, Blackie Academic and Professional, 1991.

F. CIARDELLI et al., *Macromolecole, Scienza e Tecnologia*, Voll. I e II, Pacini, Pisa, 1986.

M. GUAITA, F. CIARDELLI ED AL. *Fondamenti di Scienza dei Polimeri*, 1988, Ed, Pacini, Pisa.

CHIMICA METALLORGANICA

Docente: Sandro Torroni

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 5° anno

Crediti: 7

Esame: orale

Scopo del corso: Descrivere l'interazione del carbonio con gli altri elementi della tavola periodica attraverso lo studio della sintesi, della struttura e della reattività.

Contenuto del corso: Il legame metallo-carbonio. Composti organometallici con elementi non transizionali: sintesi, legame, struttura, stabilità e proprietà di composti contenenti leganti alchilici ed arilici. Composti organometallici con metalli di transizione: la regola dei 18 elettroni; sintesi, legame e struttura di complessi contenenti leganti carbonilici, olefinici, -allilici, -ciclopentadienilici e -arenici. Cinetica chimica. Meccanismi di reazione. Reazioni di sostituzione di legante. Addizione 1,1 al CO. Addizione ossidativa ed eliminazione riduttiva. Isomeria flussionale. Catalisi omogenea: idrogenazione di olefine, osso-reazione, processo Wacker e polimerizzazione.

Testi consigliati

CH. ELSCHENBROICH and A. SALZER, *Organometallics*, VCH, Weinheim (FRG), 1992.

I. HADUC and J. J. ZUCHERMAN, *Basic Organometallic Chemistry*, Walter de Gruyter, Berlin, 1985.

J. D. ATTWOD, *Inorganic and Organometallic Reaction Mechanisms*, Brooks/Cole Publishing Company, Monterey (CA), 1985.

CHIMICA ORGANICA (1° CORSO)**Docente: Gianni Porzi****Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 2° anno**Crediti:** 7; [15 con Laboratorio di Chimica Organica (1° corso)]**Esame:** orale, integrato con Laboratorio di Chimica Organica (1° corso)

Scopo del corso: Dare i principi di base della chimica organica (struttura e reattività delle principali classi di composti) necessari per poter affrontare i problemi della sintesi organica. Fornire i concetti basilari ed i principi generali della stereochimica e dell'analisi conformazionale. Porre lo studente in condizione di comprendere i meccanismi delle più importanti reazioni della chimica organica.

Contenuto del corso: Struttura elettronica di atomi quali C, H, N, O, S e alogeni. Tipi di legame chimico e strutture molecolari. Concetto di risonanza. Acidi e basi. Reattivi nucleofili ed elettrofili. Alcune nozioni elementari di termodinamica e cinetica per il chimico organico. Postulato di Hammond. Idrocarburi alifatici saturi a catena aperta e ciclici. Idrocarburi insaturi (alcheni, alchini e dieni coniugati). Isomeria. Analisi conformazionale. Stereochimica. Alogenazione radicalica. Alogenuri alchilici (meccanismi delle reazioni SN_1 , SN_2 , E_1 , E_2). Concetto di controllo termodinamico e cinetico. Composti aromatici (concetto di aromaticità, struttura, reattività e meccanismi delle sostituzioni aromatiche). Ammine alifatiche. Alcoli. Eteri. Epossidi. Aldeidi e chetoni. Acidi carbossilici e loro derivati (esteri, amidi, anidridi e cloruri acilici). Composti β -dicarbonilici. Lattoni e lattami. Composti solforati (tioli, tiofenoli, solfuri, disolfuri e tioesteri).

Testi consigliatiW. H. BROWN, *Chimica Organica*, EdiSES, Napoli.J. McMURRY, *Chimica Organica*, Zanichelli, Bologna.MORRISON BOYD, *Chimica Organica*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano.**CHIMICA ORGANICA (2° CORSO)****Docente: Gianfranco Cainelli****Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 3° anno**Crediti:** 6; [13 con Laboratorio di Chimica Organica (2° corso)]**Esame:** orale, integrato con Laboratorio di Chimica Organica (2° corso)

Scopo del corso: Discussione dei principi della stereochimica e della reattività organica con riferimento a varie classi di composti organici compresi prodotti naturali.

Contenuto del corso: Stereochimica: chiralità bi e tridimensionale, chiralità

locale, stereocentri chirotopici ed achirotopici, enantioselettività, diastereoselettività semplice e facciale. Reattività organica: classificazione delle reazioni organiche, teoria del complesso attivato. Alcune reazioni organiche, Eterocicli, Carboidrati.

Testi consigliati

A. STREITWIESER, C. HEATHCOCK, E. M. KOSOVER, *Chimica Organica*.
E. L. ELIEL, S. H. WILEN, *Stereochemistry of Organic Compounds*.

CHIMICA ORGANICA (3° CORSO)**Docente: Achille Umani-Ronchi**

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 4° anno

Crediti: 8; [16 con Laboratorio di Chimica Organica (3° corso)]

Esame: orale, integrato con Laboratorio di Chimica Organica (3° corso)

Scopo del corso: Discutere: a) metodi moderni per la sintesi di legami C-C; b) reagenti di riduzione ed ossidazione; c) aspetti stereochimici di alcune importanti reazioni con particolare riguardo alle sintesi diastereo ed enantioselettive di molecole complesse; d) alcune sintesi totali di prodotti naturali.

Contenuto del corso: Condensazione aldolica. Reazioni selettive con metalloallili e metallovinili. Sintesi asimmetrica con derivati enolici. Addizioni coniugate con organocuprati. Sintesi asimmetrica attraverso eterocicli chirali. Catalisi asimmetrica. Gruppi protettori. Reagenti di ossidazione e riduzione. Sintesi totali di alcuni prodotti naturali.

Testi consigliati

F. A. CAREY and R. J. SUNDBERG, *Advanced Organic Chemistry*, part A and B.

CHIMICA ORGANICA (4° CORSO)**Docente: Fernando Bernardi**

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 4° anno

Crediti: 8; [16 con Laboratorio di Chimica Organica (4° corso)]

Esame: orale, integrato con Laboratorio di Chimica Organica (4° corso)

Scopo del corso: Sviluppare gli strumenti per affrontare lo studio delle Superfici di Energia Potenziale; riassumere i concetti fondamentali di Cinetica; sviluppare i principali

modelli teorici per la reattività; utilizzare le informazioni di origine sperimentale e teorico/computazionale per lo studio della reattività in Chimica Organica.

Contenuto del corso: Origine e significato delle Superfici di Energia Potenziale e loro importanza nello studio della reattività. Cenno riassuntivo dei concetti fondamentali di Cinetica. Equazione di Arrhenius. Postulato di Hammond. Relazioni Lineari di Energia Libera. Orbitali di legame, di gruppo e molecolari. Interazioni fra orbitali. Modello perturbativo a livello MO (PMO) e modello degli orbitali frontiera. Applicazione del modello PMO ai vari tipi di reazioni organiche. Modello teorico di Woodward-Hoffmann e sua applicazione ai vari tipi di reazioni pericicliche (reazioni di cicloaddizione, reazioni elettrocicliche e spostamenti sigmatropici). Modello basato sul Mescolamento delle Configurazioni (modello CM) e sue applicazioni ai vari tipi di reazioni organiche. Studio delle reazioni di trasferimento elettronico.

CHIMICA ORGANICA APPLICATA

Docente: Claudio Trombini

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 4° anno)

Crediti: 7

Esame: orale

Scopo del corso: Il corso si propone di: 1) analizzare le strategie per la progettazione di sintesi di molecole organiche e le tecniche di ottimizzazione di un percorso sintetico; 2) analisi di alcune strategie seguite per la sintesi di molecole complesse o di sistemi supramolecolari; 3) introdurre nuovi principi e nuove tecnologie sintetiche per la individuazione di strutture molecolari ad attività farmacologica; 4) fornire elementi di chimica organica ambientale sull'impatto dell'industria chimica e sulla tossicologia chimica.

Contenuto del corso: 1) Progettazione di sintesi totali utilizzando l'Analisi retrosintetica e l'approccio disconnettivo; sintesi lineari e convergenti di molecole polifunzionali, cicliche ed eterocicliche. Analisi delle sottostrutture. Tabelle di correlazione funzionalità/disconnessioni. Strategie per la sintesi di composti enantiomericamente puri. Tecniche di ottimizzazione di una sintesi totale: i) utilizzo di tecnologie innovative quali nuove sorgenti di energia (ultrasuoni, microonde) o nuove fasi solvente (fluidi supercritici, fasi fluorose); ii) aumento della selettività grazie all'introduzione di nuovi reagenti o catalizzatori. 2) Saranno esaminate in dettaglio alcune sintesi totali di molecole ad alta complessità e potente attività biologica (ad es. taxolo, metaboliti secondari di organismi marini) e si focalizzerà l'attenzione sullo sfruttamento di interazioni deboli nella costruzione di architetture supramolecolari. 3) Chimica combinatoriale; principi e costruzione di libraries di molecole organiche. 4) Inquinamento da composti organici: mobilità e reattività di molecole organiche nei comparti ambientali

aria-acqua-suolo, food web e tossicità per gli organismi superiori.

CHIMICA PER I BENI CULTURALI

Docente: Giuseppe Chiavari

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 5° anno

Crediti: 7

Esame: orale

Scopo del corso: Il Bene Culturale può essere definito come : “Tutto ciò che costituisce testimonianza materiale avente valore di civiltà” . Da questa definizione ne deriva necessariamente il ruolo delle scienze applicate nelle problematiche relative alla conservazione dei materiali costituenti il patrimonio artistico. La chimica entra in modo prepotente come scienza fondamentale nello studio della materiali artistici nelle loro trasformazioni o reazioni che possono essere positive come la formazione dello strato pittorico nell'affresco o negative come nella reazione delle piogge acide su di un monumento lapideo all'aperto. Oltre che finalizzata per la conservazione del bene culturale la caratterizzazione di esso costituisce un importante valore storico.

Contenuto del corso: verranno esaminate le interazioni dell'ambiente su di un manufatto e valutati gli effetti negativi e le possibili difese. In particolare saranno studiati gli effetti dell'atmosfera sui monumenti all'aperto e sugli affreschi. Una parte del corso sarà finalizzato alle principali tecniche strumentali atte alla diagnosi dei materiali artistici quali dipinti murali o su tavola o tela, opere d'arte in metallo ed in pietra, materiale cartaceo ecc.. Saranno valutate le potenzialità delle usuali tecniche cromatografiche e spettroscopiche insieme all'uso delle tecniche non invasive. Spazio sarà dato ai classici “spot tests” per il riconoscimento dei materiali. Il corso prevede un ampio trattamento di esempi di restauri con particolare riferimento al ruolo della chimica nelle diagnosi e nella conoscenza dei materiali.

CHIMICA SUPRAMOLECOLARE

Docente: Vincenzo Balzani

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 5° anno

Crediti: 7

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire gli elementi fondamentali per la conoscenza dei processi che portano all'associazione molecolare. Evidenziare le nuove proprietà che emergono

dalla combinazione di diverse entità molecolari in sistemi più complessi. Particolare riguardo è dedicato alla possibilità costruire specie supramolecolari capaci di compiere funzioni utili sotto l'impulso di stimoli esterni (sensori, macchine molecolari, logica a livello molecolare)

Contenuto del corso: Nanochimica e nanoingegneria. Chimica modulare. Autoorganizzazione. Specie di particolare interesse nella chimica supramolecolare: dendrimeri, rotassani, catenani, carcerandi. Riconoscimento molecolare (cationi, anioni, molecole neutre, riconoscimento multiplo). Concetto di congegno supramolecolare. Congegni supramolecolari per: (i) catalisi; (b) trasferimento di energia e di elettroni (fili, interruttori, antenne, spine, prese); (c) trasporto di ioni e molecole. Macchine molecolari azionate per via chimica, elettrochimica, fotochimica. Molecole che contengono altre molecole. Logica a livello molecolare.

Testo consigliato

J.M. LEHN, *Supramolecular Chemistry, Concepts and Perspectives*, VCH, Weinheim, 1995.

CHIMICA TEORICA

Docente: Gabriella Poggi

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 4° anno

Crediti: 7

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire allo studente i più importanti strumenti teorici attualmente disponibili per la descrizione della funzione d'onda elettronica delle molecole, in vista della comprensione della loro relativa stabilità, di alcuni fenomeni spettroscopici, e di alcune importanti classi di reazioni chimiche.

Contenuto del corso: Descrizione di sistemi a molti elettroni. Elementi di matrice di H in basi di detors. Equazioni di Hartree-Fock e formulazione di Roothaan. Contrazioni di Gaussiane per calcoli molecolari. Formalismo della matrice densità. Formalismo della seconda quantizzazione. Autofunzioni di spin: metodi analitici e metodi sintetici. Branching diagram, schema di Rumer e metodi gruppo-teoretici (tableaux di Young, approccio del Gruppo Unitario). Interazione di configurazione, eccitazioni singole e multiple, metodi multiconfigurazionali, metodi perturbativi per la descrizione della correlazione. Teoria del funzionale densità. Inadeguatezze della approssimazione di Born-Oppenheimer e possibili correzioni. Schemi computazionali MO approssimati. Modelli per la comprensione della reattività chimica (BEBO, OCAMS, perturbativo) applicati a classi di reazione come estrazione di idrogeno, isomerizzazioni, reazioni di Diels-Alder.

Testi consigliati

Appunti di lezione

A. SZABO e N. S. OSTLUND, *Modern Quantum Chemistry*, Mc Graw-Hill, 1982.

R. MC WEENY, *Methods of Molecular Quantum Mechanics*, Academic Press, 1989.

F. L. PILAR, *Elementary Quantum Chemistry*, Mc Graw Hill, 1990.

CINETICA CHIMICA E DINAMICA MOLECOLARE

Docente: Luca Dore

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 5° anno

Crediti: 7

Esame: orale

Scopo del corso. Introduzione al trattamento macroscopico della cinetica chimica e al punto di vista microscopico della dinamica molecolare.

Contenuto del corso: Concetti cinetici di base. Analisi dei risultati cinetici. Reazioni complesse. Metodi sperimentali. Collisioni molecolari. Scattering. Superfici di energia potenziale. Teoria dello stato di transizione. Reazioni unimolecolari. Principi del laser. Tecniche laser nella dinamica di reazione molecolare.

Testi consigliati

K. J. LAIDLER, *Chemical Kinetics*, 3d ed., Harper & Row, 1987.

R. D. LEVINE e R. B. BERNSTEIN, *Molecular Reaction Dynamics and Chemical Reactivity*, Oxford University Press, 1987.

J. I. STEINFELD, J. S. FRANCISCO e L. HASE, *Chemical Kinetics and Dynamics*, Prentice Hall, 1989.

CROMATOGRAFIA

Docente: Giuseppe Chiavari

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 5° anno

Crediti: 7

Esame: orale

Scopo del corso: L'obiettivo del corso è quello di impartire i principi fondamentali delle tecniche di separazione insieme alla conoscenza strumentale della gascromatografia e HPLC. Ampio spazio viene dato anche alle tecniche spettroscopiche considerate ancillari alle tecniche cromatografiche quali UV-VIS, IR, MS e NMR.

Contenuto del corso: Fondamenti della cromatografia. Gascromatografia. Colonne impaccate e colonne capillari. Equazione di Van Deemter. Rivelatori: TCD, FID, NPD, ECD, IR, MS. Parametri qualitativi. Indici di ritenzione. Metodi quantitativi di analisi. Analisi isoterma e a temperatura programmata. Cromatografia liquida e HPLC. Cromatografia in fase diretta ed inversa. Colonne in silice e a fasi legate. Cromatografia a scambio ionico e la cromatografia ionica per cationi ed anioni inorganici. Cromatografia a coppia ionica. Cromatografia per esclusione su gel. Rivelatori: RI, UV-VIS, EICD, MS. Strumentazione ed applicazioni. Reazioni di derivatizzazione in GC e HPLC. Tecniche spettroscopiche: Accoppiamento on line della GC e MS. Utilizzazione delle spettroscopie IR, MS, NMR e UV per la determinazione della struttura di una molecola organica on line rispetto ad un sistema cromatografico oppure previa raccolta del picco cromatografico.

Testi consigliati

Per la parte cromatografica: dispense

Per la parte spettroscopica: D. H. WILLIAMS e I. FLEMING, *Spettroscopie methods in organic chemistry*, McGraw-Hill Book, London.

ELETTROCHIMICA

Docente: Sergio Roffia

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 4° anno

Crediti: 7

Esame: orale

Scopo del corso: Esporre i fondamenti dell'elettrochimica e in particolare: a) studiare le proprietà delle soluzioni elettrolitiche in condizioni di equilibrio (interazioni ione-solvente e ione-ione) e di non equilibrio (fenomeni di trasporto); b) studiare le proprietà dell'interfase elettrodica in condizioni di equilibrio (Termodinamica dell'interfase e sua struttura; equilibri elettrochimici) e in condizioni di non equilibrio (fenomeni di polarizzazione e sovratensioni di trasporto di materia, di trasferimento di carica e di reazione chimica); c) illustrare le più importanti tecniche elettrochimiche per lo studio dei processi elettrodici e la loro utilizzazione in problematiche di interesse non solo nel campo dell'elettrochimica ma anche in altri campi come quelli della chimica fisica, dell'analitica e della chimica supramolecolare.

Contenuto del corso: I sistemi elettrochimici. Elettroliti. Elettroliti ionofori. Interazioni ione-solvente e ione-ione. Fenomeni di trasporto nelle soluzioni elettrolitiche. Diffusione, migrazione e convezione. Equazioni di Fick e loro integrazione per determinate condizioni iniziali e al contorno. Conducibilità. Equazione generale per il trasporto ionico nelle soluzioni elettrolitiche. Potenziali di diffusione. Dipendenza della conducibilità dalla concentrazione. Elettroliti ionogeni. Interfase elettrodica. Differenza di potenziale all'interfase elettrodica. Potenziali Volta, Galvani e superficiale e loro significato in

termini di teoria dell'elettrone libero nei metalli. Termodinamica e struttura dell'interfase elettrochimica. Termodinamica elettrochimica. Cinetica elettrochimica. Fenomeni di polarizzazione e sovratensioni di trasporto di materia, di trasferimento di carica e di reazione chimica. Tecniche elettrochimiche a corrente e a potenziale controllati. Cronopotenziometria a corrente costante. Tecniche a rinnovo periodico dello strato di diffusione. Voltammetria ciclica. Uso di ultramicroelettrodi. Aspetti elettrochimici della chimica supramolecolare. Cenni su sistemi e processi elettrochimici di interesse tecnologico.

Testi consigliati

- G. BIANCHI e T. MUSSINI, *Fondamenti di Elettrochimica*, Masson S. p. A., 1993.
 J. O'BOCKIS e A. K. REDDY, *Modern Electrochemistry*, Plenum Press, New York, 1977.
 J. KORYTA and J. DVORAK, *Principles of Electrochemistry*, J. Wiley & Sons, New York, 1987.
 A. J. BARD e L. R. FAULKNER, *Electrochemical Methods*, John Wiley & Sons, New York, 1980.

FISICA GENERALE (1° CORSO)

Docente: Anna Cavallini

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 1° anno

Crediti: 10

Esame: scritto e orale

Scopo del corso: Fornire i fondamenti delle leggi della meccanica e della termodinamica; analizzare sistematicamente limiti di validità e campo di applicazione di queste leggi.

Contenuto del corso: *Meccanica.* Calcolo vettoriale. Moti tridimensionali. Dinamica: le tre leggi fondamentali della dinamica. Principi di conservazione. Principio di azione e reazione. Forze conservative e non conservative. Sistemi non inerziali. Rotazione di un corpo rigido. Condizioni di equilibrio. Fluidi: principio di Pascal, di Archimede. Equazione di continuità. Equazione di Bernoulli. *Termodinamica.* Variabili di stato. Equazioni di stato. Temperatura: definizione e scale. Diagrammi di stato. Equazioni dei gas perfetti. Energia interna. Principio di conservazione dell'energia. I e II principio della termodinamica. Entropia. Relazione tra entropia e probabilità di uno stato termodinamico. Equazione di stato dei gas reali. Energia libera. Principio di equipartizione dell'energia.

Testi consigliati

- TIPLER, *Fisica Generale I*, Zanichelli.
 HALLIDAY-RESNICK, *Fisica I*, Zanichelli.
 FERMI, *Termodinamica*, Boringhieri.

FISICA GENERALE (2° CORSO)**Docente: Enzo Fuschini****Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 2° anno**Crediti:** 7; [15 con Laboratorio di Fisica Generale]**Esame:** scritto (valido per una sessione) e orale, integrato con Laboratorio di Fisica Generale

Scopo del corso: Dare una descrizione dei principali fenomeni elettrici e magnetici. Studiare le proprietà fondamentali del campo elettromagnetico e della sua interazione con la materia.

Contenuto del corso: Campo elettrostatico e sue proprietà. Proprietà elettriche della materia. Corrente elettrica e circuiti elementari. Campo magnetostatico e sue proprietà. Proprietà magnetiche della materia. Fenomeni elettromagnetici variabili nel tempo. Equazione di Maxwell.

Le onde in generale e le onde elettromagnetiche in particolare. Lo spettro elettromagnetico e la finestra della luce. Interferenza e diffrazione. I limiti della fisica classica e cenni ai principali fenomeni quantistici.

FOTOCHIMICA**Docente: Vincenzo Balzani****Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 4° anno**Crediti:** 7**Esame:** orale

Scopo del corso: Fornire gli elementi fondamentali per la conoscenza degli spettri di assorbimento elettronico e di emissione delle molecole, delle proprietà degli stati eccitati, e dei principali processi fotochimici naturali ed artificiali

Contenuto del corso: Tipi di stati eccitati nelle molecole organiche ed inorganiche. Superfici di energia potenziale. Teoria delle transizioni radiative e non-radiative. Diagrammi di Jablonsky. Processi di disattivazione intermolecolare degli stati eccitati (trasferimento di energia, trasferimento elettronico, ecc.). Proprietà degli stati eccitati (energia, struttura, reattività, tempo di vita). Principali tipi di reazioni fotochimiche. Reazioni fotochimiche sensibilizzate. Principi delle più importanti reazioni fotochimiche naturali (fotosintesi, visione). Reazioni fotochimiche artificiali (conversione della energia solare, materiali fotocromici, ecc.). Apparecchiature fotochimiche convenzionali. Laser: principi ed applicazioni. Fotolisi e spettroscopia a lampo.

Testi consigliati

N. J. TURRO, *Modern Molecular Photochemistry*, Benjamin, California, 1978.

J. A. BALTROP and D. J. COYLE, *Principles of Photochemistry*, Wiley, New York, 1978.

ISTITUZIONI DI MATEMATICHE (1° CORSO)

Docente: Emanuela Caliceti

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 1° anno

Crediti: 10

Esame: scritto

Scopo del corso: Fornire gli strumenti fondamentali del calcolo differenziale e integrale per funzioni di una variabile.

Contenuto del corso: Numeri reali e numeri complessi. Calcolo combinatorio: disposizioni e combinazioni, permutazioni, binomio di Newton. Funzioni di una variabile reale: nozioni fondamentali. Funzione composta, funzione inversa, funzioni monotone, funzioni limitate e illimitate, estremi, grafico. Successioni. L'esponenziale e il logaritmo, le funzioni trigonometriche e le loro inverse, funzioni polinomiali. Limiti delle funzioni di una variabile. Teoremi sui limiti. Limiti per funzioni monotone e per successioni. Limiti notevoli. Funzioni continue. Tipi di discontinuità. Teorema di Weierstrass. Derivate delle funzioni di una variabile. Significato geometrico. Derivata della funzione composta e della funzione inversa. Applicazioni: tangente ad una curva, velocità ed accelerazione. Teoremi di Rolle, di Lagrange, di Cauchy, di de l'Hopital. Formula di Taylor e di MacLaurin. Studio di funzioni. Massimi e minimi assoluti e relativi. Concavità, convessità, e flessi. Asintoti. Studio del grafico. Infinitesimi ed infiniti. Confronto di infinitesimi (infiniti). Integrali indefiniti. Primitive di una funzione. Integrazione per sostituzione e per parti. Integrazione di alcune funzioni irrazionali e trascendenti. Integrali definiti. Significato geometrico. Il teorema della media. Il teorema fondamentale del calcolo integrale. Calcolo di aree.

Testi consigliati

G. ZWIRNER, *Istituzioni di Matematiche*, Parte 1.

G. ZWIRNER, *Esercizi di Analisi Matematica*, Parte 1.

ISTITUZIONI DI MATEMATICHE (2° CORSO)**Docente: Gianluigi Agnoli****Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 2° anno**Crediti:** 7**Esame:** orale

Scopo del corso: Fornire allo studente le nozioni basilari di dinamica dei sistemi di punti e i concetti di simmetria che facilitano la descrizione degli stati molecolari.

Contenuto del corso: Sistemi autonomi lineari e non lineari: il piano delle fasi. Studio di punti critici: centri, nodi, punti sella, spirali. Modello di Lotka-Volterra. Concetto di stabilità dell'equilibrio. Meccanica analitica: Derivazione delle equazioni di Lagrange dall'equazione di Newton o dal principio variazionale di Eulero-Lagrange. Massimi e minimi vincolati. Derivazione delle equazioni di Hamilton dalle equazioni di Lagrange o dal principio di minima azione. Parentesi di Poisson. Spazio delle fasi. Analogia fluidodinamica. Introduzione alla teoria dei gruppi: Definizioni, omomorfismi e isomorfismi. Esempi notevoli di gruppi. Matrici di Pauli. Rappresentazioni lineari di gruppi finiti.

Testi consigliatiGIAN LUIGI AGNOLI, *Istituzioni di Matematiche II Corso*, CUSL, Bologna 1996.**LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA (1° CORSO)****Docente: Pierluigi Reschiglian****Tipo:** 90 ore di attività didattiche, 2° semestre, 1° anno**Crediti:** 10; [18 con Laboratorio di Chimica Analitica (2° corso)]**Esame:** orale, integrato con Laboratorio di Chimica Analitica (2° corso)

Scopo del corso: Dare un risvolto applicativo in senso analitico delle nozioni fondamentali di: a) Reazioni chimiche; b) Equilibri simultanei in soluzione; c) Reattività degli elementi

Contenuto del corso: Reazioni acido-base. Reazioni di complessazione. Reazioni di precipitazione e dissoluzione. Reazioni redox. Equilibri in soluzione. Equilibri simultanei. Reattività delle sostanze inorganiche in soluzione. Schemi e test di riconoscimento per coppie incognite di sostanze. Procedure di analisi in chimica inorganica: confronto tra analisi sistematica, frazionata e cromatografia su carta per l'analisi dei cationi.

Testi consigliati

G. CHARLOT, *Analisi Chimica Qualitativa - Equilibri in Soluzione*, Piccin Editore, Padova 1977.

LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA (2° CORSO)

Docente: Clinio Locatelli

Tipo: 90 ore di attività didattiche, 1° semestre, 2° anno

Crediti: 8; [18 con Laboratorio di Chimica Analitica (1° corso)]

Esame: orale, integrato con Laboratorio di Chimica Analitica (1° corso)

Scopo del corso: Dare un risvolto quantitativo agli equilibri in soluzione trattati nel Laboratorio di Chimica Analitica (primo corso). Dare le prime nozioni dell'impiego di metodiche strumentali atte al conseguimento del dato analitico finale.

Contenuto del corso: Teoria delle titolazioni. Classificazione delle titolazioni volumetriche. Preparazione delle soluzioni standard. Standard primari e secondari. Indicatori. Teoria delle titolazioni acido-base. Curve di neutralizzazione. Teoria delle titolazioni di precipitazione e complessometriche. Reazioni di precipitazione e di formazione dei complessi. Teoria delle titolazioni ossido-riduttive. Reazioni di ossido-riduzione. Potenzimetria diretta e titolazioni potenziometriche. Conduttometria e titolazioni conduttometriche. Principi dell'analisi gravimetrica. Elettrogravimetria. Coulombometria. Teoria dell'estrazione e della separazione. Resine a scambio ionico e metodi cromatografici.

Testi consigliati

D. C. HARRIS, *Chimica Analitica Quantitativa*, Zanichelli, Bologna, 1991.

A. D. SKOOG, D. M. WEST, F. J. HOLLER, *Fundamentals of Analytical Chemistry*, Saunders College Publ. Int. Ed., New York, 1988.

I.M. KOLTHOFF, E.B. SANDELL, E.J. MEEHAN, S. BRUCKENSTEIN, *Analisi Chimica Quantitativa*, Piccin, Padova, 1974.

P. LANZA, *Chimica Analitica Generale*, Patron, Bologna, 1992.

LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA (3° CORSO)

Docente: Clinio Locatelli

Tipo: 90 ore di attività didattiche, 2° semestre, 3° anno

Crediti: 7; [13 con Chimica analitica (1° corso)]

Esame: orale, integrato con Chimica Analitica (1° corso)

Scopo del corso: Completare la rassegna delle tecniche strumentali utilizzate per ottenere il dato analitico finale.

Contenuto del corso: Campionamento e preparazione del campione per la determinazione analitica. Determinazione di analiti in tracce ed ultratracce. Tecniche voltammetriche di analisi. Curve corrente-potenziale. Polarografia in corrente diretta, pulsata ed a corrente alternata. Voltammetria di ridissoluzione anodica. Analisi spettrofotometrica. Spettroscopia di assorbimento ed emissione (FAAS, ETA-AAS, ICP-ES). Metodiche cromatografiche.

Testi consigliati

A. D. SKOOG, D. M. WEST, F. J. HOLLER, *Fundamentals of Analytical Chemistry*, Saunders College Publ. Int. Ed., New York, 1988.

D. C. HARRIS, *Chimica Analitica Quantitativa*, Zanichelli, Bologna, 1991.

H. H. BAUER, G. D. CHRISTIAN, J. E. O'REILLY, *Analisi Strumentale*, Piccin, Padova, 1985.

A. D. SKOOG, J. J. LEARY, *Chimica Analitica Strumentale*, Edises Ed. Napoli, 1995.

H.H. WILLARD, L.L. MERRITT, J.A. DEAN, F.A. SETTLE, *Instrumental Methods of Analysis*, Wadsworth Publ. Co., Belmont, 1988.

LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA (4° CORSO)

Docente: Guido Galletti

Tipo: 90 ore di attività didattiche, 1° semestre, 4° anno

Crediti: 8; [16 con Chimica Analitica (2° corso)]

Esame: Orale, integrato con Chimica Analitica (2° corso)

Scopo del corso: Fornire allo studente una conoscenza pratica di tecniche strumentali avanzate per analisi chimiche, in particolare attraverso la determinazione di prodotti di origine naturale e inquinanti in matrici ambientali e alimentari.

Contenuto del corso: Tecniche di estrazione e concentrazione dell'analita (Solid Phase Micro Extraction SPME, Membrane Introduction Mass Spectrometry MIMS, Thermal Desorption). Tecniche cromatografiche accoppiate alla spettrometria di massa (GC/MS, LC/MS). Spettrometria di massa: metodi di ionizzazione e analizzatori di ioni. Matrix Assisted Laser Desorption Ionization (MALDI). Seminari da parte di esperti su tecniche avanzate di analisi e applicazioni particolari in campo ambientale. Esercitazioni in laboratorio con alcune delle tecniche menzionate. Visite ad altri laboratori.

Testi Consigliati.

E. CONSTANTIN, *Spectrométrie de Masse - Principes et Applications* (2^e édition revenue et augmentée), Lavoisier, Technique & Documentation, 1996.

F.W. KARASEK, R.E. CLEMENT, *Basic Gas Chromatography-Mass Spectrometry. Principles and Techniques*, Elsevier, Amsterdam, 1988.

H.H. WILLARD, L.L. MERRITT JR., J.A. DEAN, F.A. SETTLE JR., *Instrumental Methods of Analysis*, D. Van Nostrand Company, New York, 1981.

LABORATORIO DI CHIMICA FISICA (INDIRIZZO APPLICATIVO)

Docente: Maria Grazia Giorgini

Tipo: 90 ore di attività didattiche, 2° semestre, 4° anno

Crediti: 8; [16 con Chimica Fisica (indirizzo Applicativo)]

Esame: orale, integrato con Chimica fisica (indirizzo Applicativo)

Scopo del corso: fornire metodologie sperimentali e di calcolo per la determinazione di rilevanti proprietà (termodinamiche, spettroscopiche e ottiche) della materia prevalentemente in fase solida.

Contenuto del corso: dopo la messa a fuoco di alcuni concetti centrali (simmetria degli stati ed attività spettroscopica) su sistemi semplici, verrà affrontata la questione delle interazioni intermolecolari e l'applicazione al calcolo delle energie di interazione (dipolo-dipolo, dipolo-dipolo indotto e di dispersione) in sistemi orientazionalmente disordinati. Verrà esaminata l'evoluzione dell'ordine traslazionale (pair distribution function calcolata da una simulazione di dinamica molecolare) attraverso le varie fasi della materia e verrà confrontato con risultati sperimentali di neutron scattering. Lo studio dello stato cristallino verrà affrontato da un punto di vista della dinamica reticolare e della termodinamica statistica. Le applicazioni avranno lo scopo di verificare conclusioni raggiunte teoricamente e saranno di tipo sperimentale (interpretazione di spettri di cristalli covalenti e determinazione del disordine orientazionale in cristalli molecolari dall'analisi di spettri Raman polarizzati) e di tipo numerico (calcolo statistico di proprietà termodinamiche di metalli, cristalli molecolari e di cristalli ionici con difetti strutturali).

LABORATORIO DI CHIMICA FISICA (INDIRIZZO SCIENZE MOLECOLARI)

Docente: Claudio Degli Esposti

Tipo: 90 ore di attività didattiche, 1° semestre, 4° anno

Crediti: 8; [16 con Chimica Fisica (indirizzo Scienze Molecolari)]

Esame: orale integrato con Chimica Fisica (indirizzo Scienze Molecolari)

Scopo del corso: Mostrare come ottenere proprietà molecolari a partire da dati sperimentali analizzati su base quantomeccanica.

Contenuto del corso: L'attività esercitazionale consisterà essenzialmente nella determinazione di importanti proprietà molecolari (struttura, momento dipolare, costanti di forza, energie di dissociazione) a partire da dati spettroscopici analizzati sulla base delle appropriate formulazioni quantomeccaniche, attraverso l'uso di opportuni programmi di calcolo. Si registreranno spettri nella regione delle microonde, dell'infrarosso e del visibile-ultravioletto, utilizzando, per quanto possibile, strumentazione normalmente usata per scopi di ricerca.

Le lezioni in aula saranno finalizzate ad approfondire alcuni temi (relazioni tra struttura e proprietà spettroscopiche, teoria delle perturbazioni, teoria dei gruppi) già sviluppati nel Corso di Chimica Fisica (indirizzo Scienze Molecolari) al fine di stabilire una connessione più diretta tra teoria e risultati sperimentali.

Testi consigliati

I.N. LEVINE, *Molecular Spectroscopy*, Wiley.

P.W. ATKINS AND R.S. FRIEDMAN, *Molecular Quantum Mechanics*, 3rd edition, Oxford, 1997.

LABORATORIO DI CHIMICA FISICA (1° CORSO)

Docente: Francesco Scagnolari

Tipo: 90 ore di attività didattiche, 2° semestre, 2° anno

Crediti: 8: [15 con Chimica Fisica (1° corso)]

Esame: scritto e orale, integrato con Chimica Fisica (1° corso)

Scopo del corso: Attraverso l'esperienza diretta della misura sperimentale, si intende fornire allo studente una conoscenza di base delle tecniche e delle problematiche del laboratorio di chimica fisica, ed integrarne le cognizioni, riguardo grandezze cinetiche e termodinamiche, acquisite nel corso teorico.

Contenuto del corso: Cinetica Chimica: velocità e meccanismo di reazione - ordine e pseudoordine di reazione - equazioni cinetiche integrate - metodi sperimentali in Cinetica - equazione di Arrhenius - reazioni complesse. Termodinamica: tecniche calorimetriche: calorimetria adiabatica e calorimetria differenziale a scansione - misure di tensione di vapore a pressioni subatmosferiche - costruzione di diagrammi di fase - determinazione di parametri termodinamici da misure di forza elettromotrice. Svolgimento in laboratorio di esperienze correlate agli argomenti trattati.

Testi consigliati

M. G. BETTOLI, M. MASTRAGOSTINO, *Problemi di Termodinamica con Risoluzione*, Corso Ed., Bologna 1970.

P. W. ATKINS, *Physical Chemistry, 4th Edition*, Oxford University Press, 1990.

P. W. ATKINS, *Solution Manual for Physical Chemistry, 4th Edition*, Oxford University Press, 1992.

LABORATORIO DI CHIMICA FISICA (2° CORSO)

Docente: Francesco Zerbetto

Tipo: 90 ore di attività didattiche, 1° semestre, 3° anno

Crediti: 7; [13 con Chimica Fisica (2° corso)]

Esame: scritto e orale integrato con Chimica Fisica (2° corso)

Scopo del corso: Mettere in luce aspetti diversi della meccanica quantistica Il Corso è integrato con il Corso di Chimica Fisica II e ne segue i temi riprendendoli ed approfondendone alcuni aspetti soprattutto in termini di esercitazioni numeriche svolte a lezione e di esperienze di Laboratorio.

Contenuto del corso: Nella prima serie di esperienze si utilizzeranno gli esercizi al calcolatore suggeriti nel primo testo consigliato. Successivamente si utilizzerà il metodo variazionale per risolvere il problema del rotatore con barriera associato alle torsioni in molecole contenenti legami che possono dare isomerizzazione. Quindi si studierà lo spettro rotovibrazionale dell'HCl per mezzo di uno spettrometro FT-IR. La successiva analisi dei risultati sperimentali permette di comprendere l'origine di una serie di costanti chimico-fisiche e di applicare concetti fondamentali della meccanica quantistica. Infine verrà introdotto in modo estremamente semplificato il concetto di Orbitale Molecolare per mezzo del modello «Extended Hückel» che viene applicato allo studio dei diagrammi di Walsh per molecole triatomiche.

Testi consigliati

S. M. MCMURRY, *Quantum Mechanics*, Addison-Wesley 1994.

P. W. ATKINS, *Molecular Quantum Mechanics*, Oxford University Press.

C. S. JOHNSON, jr., L. G. PEDERSEN, *Problem Solutions in Quantum Chemistry and Physics*, Dover.

LABORATORIO DI CHIMICA FISICA (3° CORSO)

Docente: Claudio Degli Esposti

Tipo: 90 ore di attività didattiche, 1° semestre, 4° anno

Crediti: 8; [16 con Chimica Fisica (3° corso)]

Esame: scritto e orale integrato con Chimica Fisica (3° corso)

Scopo del corso: Mostrare come ottenere proprietà molecolari a partire da dati sperimentali analizzati su base quantomeccanica.

Contenuto del corso: L'attività esercitazionale consisterà essenzialmente nella determinazione di importanti proprietà molecolari (struttura, momento dipolare, costanti di forza, energie di dissociazione) a partire da dati spettroscopici analizzati sulla base delle appropriate formulazioni quantomeccaniche, attraverso l'uso di opportuni programmi di calcolo. Si registreranno spettri nella regione delle microonde, dell'infrarosso e del visibile-ultravioletto, utilizzando, per quanto possibile, strumentazione normalmente usata per scopi di ricerca.

Le lezioni in aula saranno finalizzate ad approfondire alcuni temi già sviluppati nel 3° Corso di Chimica Fisica (relazioni tra struttura e proprietà spettroscopiche, teoria delle perturbazioni, teoria dei gruppi) al fine di stabilire una connessione più diretta tra teoria e risultati sperimentali.

Testi consigliati

I.N. LEVINE, *Molecular Spectroscopy*, Wiley.

P.W. ATKINS AND R.S. FRIEDMAN, *Molecular Quantum Mechanics*, 3rd edition, Oxford, 1997.

LABORATORIO DI CHIMICA FISICA (4° CORSO)

Docente: Maria Grazia Giorgini

Tipo: 90 ore di attività didattiche, 2° semestre, 4° anno

Crediti: 8; [16 con Chimica Fisica (4° corso)]

Esame: orale, integrato con Chimica fisica (4° corso)

Scopo del corso: fornire metodologie sperimentali e di calcolo per la determinazione di rilevanti proprietà (termodinamiche, spettroscopiche e ottiche) della materia prevalentemente in fase solida.

Contenuto del corso: dopo la messa a fuoco di alcuni concetti centrali (simmetria degli stati ed attività spettroscopica) su sistemi semplici, verrà affrontata la questione delle interazioni intermolecolari e l'applicazione al calcolo delle energie di interazione (dipolo-dipolo, dipolo-dipolo indotto e di dispersione) in sistemi orientazionalmente disordinati. Verrà esaminata l'evoluzione dell'ordine traslazionale (pair distribution function calcolata da una simulazione di dinamica molecolare) attraverso le varie fasi della materia e verrà confrontato con risultati sperimentali di neutron scattering. Lo studio dello stato cristallino verrà affrontato da un punto di vista della dinamica reticolare e della termodinamica statistica. Le applicazioni avranno lo scopo di verificare conclusioni raggiunte teoricamente e saranno di tipo sperimentale (interpretazione di spettri di cristalli covalenti e determinazione del disordine orientazionale in cristalli molecolari dall'analisi di spettri Raman polarizzati) e di tipo numerico (calcolo statistico di proprietà

termodinamiche di metalli, cristalli molecolari e di cristalli ionici con difetti strutturali).

LABORATORIO DI CHIMICA FISICA AMBIENTALE

Docente: Rosa Simoni

Tipo: 90 ore di attività didattiche, 2° semestre, 4° anno

Crediti: 8; [16 con Chimica Fisica Ambientale]

Esame: orale, integrato con Chimica Fisica Ambientale

Scopo del corso: Dare informazioni che illustrino le applicazioni della Chimica fisica ai problemi dell'inquinamento.

Contenuto del corso: Inquadramento allo studio dell'ambiente con particolare riferimento all'inquinamento dell'aria e dell'acqua; aspetti termodinamici e cinetici, sorgenti di inquinamento e principali inquinanti; misure di qualità, controlli, trattamenti.

Parte sperimentale. Determinazione di: a) coefficiente di viscosità; definizione; metodi sperimentali per studiare la viscosità di liquidi; misure secondo Ostwald, Hoppler, ecc.; determinazione del numero di Reynolds; b) coefficiente di diffusione; definizione; metodi sperimentali per studiare i processi di diffusione nei liquidi; stato stazionario: metodo di misura secondo Stokes; c) ossigeno disciolto; metodi sperimentali; determinazione di BOD5 e ultime BOD. Studio della dispersione nell'atmosfera di inquinanti gassosi emessi da camini: valutazione della concentrazione al suolo secondo il modello gaussiano e le categorie di stabilità di Pasquill. Studio della dinamica di un processo di depurazione biologico applicato ad un sistema con fanghi attivi. Esercitazioni numeriche.

Testi consigliati

J. G. HENRY, G. W. HEINKE, *Environmental Science and Engineering* Prentice-Hall, Inc. (USA), 1989.

P.A. VESELIND, J.J. PIERCE, R. F. WEINER, *Environmental Engineering*, Butterworth-Heinemann Ed. (U. S. A.), IV ed., 1994.

H. J. TYRRELL, *Diffusion and heat flow in liquids*, Butterworth & Co. Publ. (London), 1961.

LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE ED INORGANICA

Docente: Sandro Torroni

Tipo: 90 ore di attività didattiche, 1° semestre, 1° anno

Crediti: 10; [20 con Chimica Generale ed Inorganica]

Esame: scritto e orale, integrato con Chimica Generale ed Inorganica

Scopo del corso: Sviluppare le abilità di base nelle operazioni fondamentali di laboratorio, particolarmente nella sintesi di composti inorganici e nella analisi. Verificare con esperienze di laboratorio gli argomenti trattati nel corso di Chimica Generale ed Inorganica.

Contenuto del corso: La sicurezza nei laboratori chimici. Nomenclatura IUPAC. Unità SI. Errore sperimentale: cifre significative e tipi di errore. Espressioni di concentrazione. Le attrezzature di laboratorio. Tecniche fondamentali di laboratorio. Sintesi di composti inorganici. Trattamento sistematico dell'equilibrio. Titolazioni di ossido-riduzione, acido-base e di precipitazione. Elementi di stechiometria.

LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA (INDIRIZZO SCIENZE MOLECOLARI)

Docente: Mauro Maestri

Tipo: 90 ore di attività didattiche, 2° semestre, 4° anno

Esame: orale, integrato con Chimica Inorganica (indirizzo Scienze Molecolari)

Crediti: 8; [16 con Chimica Inorganica (indirizzo Scienze Molecolari)]

Scopo del corso: Fornire agli studenti una conoscenza sia teorica che pratica delle tecniche di spettroscopia di assorbimento elettronico e di luminescenza, anche non convenzionali, applicate alla caratterizzazione e allo studio delle proprietà dei composti di coordinazione e di sistemi supramolecolari.

Contenuto del corso: Il corso verterà principalmente sulla chimica e fotochimica dei composti di coordinazione e di alcuni sistemi supramolecolari; consta di due parti; una teorica, introduttiva, e una sperimentale, basata sull'uso di tecniche spettroscopiche di assorbimento elettronico e di luminescenza. Cenni sulla struttura elettronica. Classificazione delle transizioni elettroniche e interpretazione degli spettri di assorbimento e di emissione. Fotofisica, luminescenza, reattività chimica e fotochimica nei composti di coordinazione e in alcuni sistemi supramolecolari.

Esercitazioni di spettroscopia di assorbimento elettronico e di luminescenza. Esercitazioni di cinetica chimica e fotochimica, di chemiluminescenza e tecniche non convenzionali (spettroscopia di assorbimento transiente, single photon counting ecc..).

LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA (1° CORSO)**Docente:** Alberto Juris (A-L), Giorgio Feroci (M-Z)**Tipo:** 90 ore di attività didattiche, 2° semestre, 3° anno**Crediti:** 7; [13 con Chimica Inorganica (1° corso)]**Esame:** orale, integrato con chimica inorganica (1° corso)

Scopo del corso: Fornire una introduzione alla chimica dei composti inorganici ed in particolare dei composti di coordinazione.

Contenuto del corso: Composti di coordinazione: leganti, numero di coordinazione, isomeria, nomenclatura. Struttura elettronica dei composti di coordinazione. Teoria del campo cristallino e teoria degli orbitali molecolari. Introduzione alla spettroscopia di assorbimento UV, VIS, IR. Proprietà magnetiche e misure di suscettività magnetica. Stabilità e reattività dei composti di coordinazione. Reazioni di sostituzione dei leganti: meccanismo stechiometrico e intimo. Reazioni di isomerizzazione. Reazioni di trasferimento elettronico a sfera interna e a sfera esterna.

In laboratorio vengono svolte esperienze comprendenti: (a) sintesi e caratterizzazione di composti dei gruppi rappresentativi, (b) sintesi, analisi, caratterizzazione e reattività di complessi dei metalli di transizione. I composti ottenuti vengono caratterizzati mediante spettroscopia IR, UV, VIS, misure di suscettività magnetica e mediante tecniche analitiche convenzionali.

Testi consigliatiN. N. GREENWOOD e A. EARNSHAW, *Chimica degli Elementi*, Piccin, Padova, 1992.F. A. COTTON, G. WILKINSON e P. L. GAUS, *Principi di Chimica Inorganica*, Ambrosiana, Milano, 1991.**LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA (2° CORSO)****Docente:** Dario Braga**Tipo:** 90 ore di attività didattiche, 1° semestre, 4° anno**Crediti:** 8; [16 con Chimica Inorganica (2° corso)]**Esame:** scritto, integrato con Chimica Inorganica (2° corso)

Scopo del corso: (a) Fornire un contatto diretto con le moderne tecniche sia sperimentali che teoriche per la sintesi, la caratterizzazione e lo studio dei materiali solidi organici, inorganici ed organometallici; (b) studiare le strutture allo stato solido per mezzo di banche dati e grafica computazionale; (c) ingegneria cristallina mediante interazioni non covalenti.

Contenuto del corso: richiami di struttura dei solidi, proprietà, comportamenti

dinamici allo stato solido, disordine statico e dinamico. Transizione di fase solido-solido. Preparazione di solidi a partire da costituenti molecolari noti. Utilizzo delle banche dati. Progettazione teorica e costruzione di architetture solide preorganizzate. Concetti fondamentali di cristallografia e di chimica dello stato solido. Operatori di simmetria. Raccolta di dati di diffrazione su cristallo singolo, trattamento dei dati, risoluzione della struttura ed affinamento. Analisi dell'impaccamento, interazioni intermolecolari, coesione cristallina. Concetti di diffrazione di polveri, NMR allo stato solido, IR, Raman, DSC ed altre tecniche per lo studio dei solidi.

Esperienze pratiche suddivise tra esperienze di sintesi, di diffrazione, di calorimetria e computazionali.

LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA (3° CORSO)

Docente: Mauro Maestri

Tipo: 90 ore di attività didattiche, 2° semestre, 4° anno

Crediti: 8; [16 con Chimica Inorganica (3° corso)]

Esame: orale, integrato con Chimica Inorganica (3° corso)

Scopo del corso: Fornire agli studenti una conoscenza sia teorica che pratica delle tecniche di spettroscopia di assorbimento elettronico e di luminescenza, anche non convenzionali, applicate alla caratterizzazione e allo studio delle proprietà dei composti di coordinazione e di sistemi supramolecolari.

Contenuto del corso: Il corso verterà principalmente sulla chimica e fotochimica dei composti di coordinazione e di alcuni sistemi supramolecolari; consta di due parti: una teorica, introduttiva, e una sperimentale, basata sull'uso di tecniche spettroscopiche di assorbimento elettronico e di luminescenza. Cenni sulla struttura elettronica. Classificazione delle transizioni elettroniche e interpretazione degli spettri di assorbimento e di emissione. Fotofisica, luminescenza, reattività chimica e fotochimica nei composti di coordinazione e in alcuni sistemi supramolecolari.

Esercitazioni di spettroscopia di assorbimento elettronico e di luminescenza. Esercitazioni di cinetica chimica e fotochimica, di chemiluminescenza e tecniche non convenzionali (spettroscopia di assorbimento transiente, single photon counting ecc.).

LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA (1° CORSO)**Docente:** Antonio Arcelli**Tipo:** 90 ore di attività didattiche, 2° semestre, 2° anno**Crediti:** 8; [15 con Chimica Organica (1° corso)]**Esame:** orale, integrato con Chimica Organica (1° corso)

Scopo del corso: Fornire allo studente le conoscenze di base per un impiego analitico delle tecniche spettroscopiche IR ed UV e pratica esecuzione di reazioni attraverso test qualitativi di funzioni organiche.

Contenuto del corso: Norme di sicurezza da osservare durante l'esecuzione di esperienze in laboratorio. Elementi di base sui metodi spettroscopici finalizzati all'identificazione di strutture con particolare enfasi sulle tecniche IR, Visibile ed UV. Esperienze di laboratorio finalizzate all'identificazione di alcune importanti funzioni organiche attraverso saggi analitici classici: caratterizzazione e riconoscimento di alogeno-derivati, di alcheni, di composti carbonilici, di esteri, di alcoli e fenoli, di acidi carbossilici ed amidi, di amine e di nitroderivati. Esperienza diretta alla valutazione del controllo cinetico e termodinamico di una reazione organica. Risoluzione pratica di miscele racemiche.

LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA (2° CORSO)**Docente:** Daria Giacomini**Tipo:** 90 ore di attività didattiche, 1° semestre, 3° anno**Crediti:** 7; [13 con Chimica Organica (2° corso)]**Esame:** scritto e orale, integrato con il corso di Chimica Organica (2° corso)

Scopo del corso: Approfondire la conoscenza delle metodologie e delle tecniche proprie della sintesi organica attraverso: a) la preparazione di alcuni prodotti tramite sequenze sintetiche; b) la determinazione della struttura di molecole organiche attraverso l'analisi combinata di spettri ^1H NMR, IR e MS.

Contenuto del corso: 1) Cromatografia: concetti generali. TLC: fase stazionaria e fase mobile metodo di rivelazione, Rf. Gas cromatografia: strumentazione, colonne impaccate e capillari, rivelatori, limiti della tecnica gascromatografica. Cromatografia liquida su colonna ed HPLC: colonne, fase stazionaria, scelta dell'eluente, strumentazione e detector. 2) Spettroscopia NMR: Spin nucleare, interpretazione quantistica della risonanza, strumentazione. Spettroscopia del protone: costanti di schermo e chemical shift. Accoppiamento spin-spin, equivalenza chimica e magnetica. Equazione di Karplus, disaccoppiamento omonucleare. 3) Spettrometria di massa: strumentazione, ione molecolare, cenni sulle principali frammentazioni delle vari classi di composti organici. 4)

Esercitazioni di laboratorio attraverso sintesi a più passaggi di alcuni composti organici

Testi consigliati

C. F. MOST Jr., *Experimental Organic Chemistry*, John Wiley & Sons inc.

R. M. SILVERSTEIN et al., *Spectroscopic Identification of Organic Compounds*, 5. ed. John Wiley & Sons inc.

LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA (3° CORSO)

Docente: Emilio Tagliavini

Tipo: 90 ore di attività didattiche, 1° semestre, 4° anno

Crediti: 8; [16 con Chimica Organica (3° corso)]

Esame: orale, integrato con Chimica Organica (3° corso)

Scopo del corso: Acquisizione di metodologie sintetiche e analitiche avanzate applicate alla chimica organica di sintesi.

Contenuto del corso: Criteri generali di approccio alla realizzazione di sintesi organiche; processi logici e retrosintesi; principali tipi di disconnessioni formali ed equivalenti sintetici. Metodologie avanzate in sintesi organica: tecniche di lavoro in atmosfera controllata. Metodologie analitiche avanzate in chimica organica: introduzione alla spettroscopia FT-NMR eteronucleare (^{13}C -NMR); determinazione di rapporti enantiomerici e diastereomerici; determinazione delle configurazioni assolute e relative.

Esercitazioni in laboratorio consistenti nella esecuzione di una sequenza sintetica comprendente reazioni stereocontrollate e nella caratterizzazione dei prodotti.

LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA (4° CORSO)

Docente: Andrea Bottoni

Tipo: 90 ore di attività didattiche, 2° semestre, 4° anno

Crediti: 8; [16 con Chimica Organica (4° corso)]

Esame: orale, integrato con Chimica Organica (4° corso)

Scopo del corso: (a) Esaminare i metodi fondamentali, sia quantomeccanici che classici, della chimica computazionale; (b) fornire allo studente gli strumenti per un utilizzo critico di queste metodologie; (d) esaminare con questi metodi alcuni problemi importanti di struttura e reattività in Chimica Organica.

Contenuto del corso: (a) Principi fondamentali per il calcolo di una superficie di

energia potenziale (PES). Punti critici e loro significato. Algoritmi per la determinazione dei punti critici e della loro natura (matrice hessiana). Informazioni che si possono ottenere dalla PES. (b) Metodi quantomeccanici. Equazioni di Hartree-Fock (HF) e di Roothaan e metodo SCF. Insiemi di base atomici. Orbitali canonici e orbitali localizzati. Energia di correlazione e metodi per calcolarla: metodi perturbativi (MPn), metodi di interazione di configurazione (CI), metodi multiconfigurazionali (MCSCF) e metodi basati sulla teoria del funzionale densità (DFT). Esercizi computazionali in laboratorio: calcolo di alcune importanti proprietà chimiche e determinazione del meccanismo di alcune semplici reazioni organiche. Metodi classici di meccanica molecolare. Esercizi computazionali in laboratorio: risoluzione di problemi strutturalistici per molecole organiche.

Testi consigliati

Dispense del docente.

Alcuni articoli della letteratura suggeriti nel corso delle lezioni.

LABORATORIO DI FISICA GENERALE

Docente: Paola Serra

Tipo: 90 ore di attività didattiche, 1° semestre, 2° anno

Crediti: 8; [15 con Fisica Generale (2° corso)]

Esame: scritto (valido per una sessione) e orale, integrato con Fisica Generale (2° corso)

Scopo del corso: Dare alcuni semplici strumenti per l'elaborazione e l'analisi dei dati sperimentali sia dal punto di vista teorico che pratico. Dare alcune semplici nozioni di ottica geometrica.

Contenuto del corso: a) Errori di misura, errori casuali e sistematici, media e deviazione standard, funzione di distribuzione di Gauss, errori su grandezze derivate, discrepanza. La media pesata ed il suo errore. Metodo dei minimi quadrati, la retta dei minimi quadrati. Covarianza e coefficiente di correlazione lineare. La distribuzione binomiale. Verifica di ipotesi. La distribuzione di Poisson. Definizione del chi-quadrato. Il test del chi-quadrato. b) Approssimazione dell'ottica geometrica, riflessione e rifrazione, riflessione totale, prismi, guide di luce, specchi piani e sferici, diottri sferici, lenti, lenti sottili, strumenti ottici c) Prove di laboratorio: misure di densità con il densimetro ad immersione, misure di viscosità con il viscosimetro di Ostwald, misura della distanza focale di una lente convergente e di una divergente, uso del microscopio ottico per trovare il passo di un reticolo di diffrazione, misura della lunghezza d'onda della luce emessa da una lampada al sodio, contatore Geiger, determinazione del coefficiente di assorbimento del piombo per particolari gamma, verifica della statistica di Poisson.

Testi consigliati

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

D. HALLYDAY, R. RESNICK, *Fisica 2*, Ambrosiana, Milano.

U. VALDRÉ, *Misure e Complementi di Fisica*, Patron, Bologna.

LABORATORIO DI PROGRAMMAZIONE E CALCOLO

Docente: Elena Loli Piccolomini

Tipo: 90 ore di attività didattiche, 2° semestre, 1° anno

Crediti: 10

Esame: prova pratica sui calcolatori (valida un anno accademico e facoltativa) e orale

Scopo del corso: Fornire i metodi principali del calcolo numerico necessari per affrontare problemi che intervengono in ambito scientifico in generale e chimico in particolare. Rendere lo studente in grado di sviluppare un algoritmo e realizzarlo sul calcolatore usando il linguaggio Fortran77. Fornire le nozioni di base per analizzare criticamente i risultati ottenuti eseguendo alcuni algoritmi numerici sul calcolatore.

Contenuto del corso: Elementi di algebra lineare. I numeri finiti: rappresentazione ed errori. Metodi numerici per la risoluzione di sistemi lineari: metodi diretti e iterativi Interpolazione e approssimazione polinomiale. Integrazione numerica: formule di newton-Cotesa, metodi dei trapezi e di Simpson. Zeri di funzione: metodo di bisezione, metodo di Newton e delle secanti. Analisi degli algoritmi: diagramma di flusso e linguaggio di pseudocodifica. Le strutture condizionali, il ciclo determinato e condizionale, i sottoprogrammi. Il linguaggio Fortran: struttura di un programma Fortran. Le istruzioni di assegnazione, di scelta, i cicli. Le procedure con passaggio di variabili. Le strutture dati: matrici e vettori. Lettura e scrittura su file. Algoritmi numerici. I principali algoritmi di risoluzione di sistemi lineari con metodi diretti, di approssimazione di dati e di integrazione numerica: applicazioni.

Testi consigliati

BINI, CAPOVANI, MENCHI, *Metodi numerici per l'algebra lineare*, Zanichelli.

GALLIGANI, *Elementi di Analisi Numerica*, Calderini.

TOMMASINI, *Elementi di algebra lineare*, Pitagora.

MACCONI, AGUCCHI, *Il Fortran77*, Pitagora.

MECCANISMI DI REAZIONE IN CHIMICA INORGANICA**Docente: Maria Teresa Gandolfi****Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 5° anno**Crediti:** 7**Esame:** orale

Scopo del corso: Dare una visione avanzata della chimica dei metalli di transizione, della reattività e delle applicazioni delle principali classi di composti di coordinazione.

Contenuto del corso: Aspetti generali dei meccanismi delle reazioni inorganiche; meccanismi delle reazioni di sostituzione dei complessi planari quadrati ed ottaedrici; aspetti molecolari del meccanismo di azione di composti antitumorali di platino; meccanismo di azione templante dei metalli di transizione applicata alla sintesi di sistemi supramolecolari: elicati, catenani, nodi e altre strutture complesse.

METODI FISICI IN CHIMICA ORGANICA**Docente: Alessandro Bongini****Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° e 2° semestre, 4° anno**Crediti:** 7**Esame:** orale

Scopo del corso: Determinazione della struttura di sostanze organiche tramite metodi spettroscopici ultravioletti, infrarossi, di risonanza magnetica nucleare e di massa.

Contenuto del corso: Spettroscopia U. V. Identificazione dei principali cromofori presenti nelle sostanze organiche e loro caratteristiche. Composti insaturi. Regole di Fieser e Woodward. Composti aromatici. Equilibri chetoenolici. Spettroscopia I. R. Concetto di frequenza di gruppo e sua dipendenza da effetti induttivi, mesomerici e di accoppiamento meccanico. Legame idrogeno. Spettroscopia N. M. R. Metodi in FT. Leggi fondamentali, tempi di rilassamento, strumentazione e tecniche di misura. Accoppiamenti e disaccoppiamenti. Equilibri lenti e veloci. Nuclei meno abbondanti. C13-NMR. Effetto nucleare Overhauser e sua dipendenza dalla distanza. Tecniche bidimensionali. Spettrometria di massa. Leggi fondamentali, strumentazione e tecniche di misura. Riconoscimento del picco molecolare e suo uso, frammentazioni e riarrangiamenti caratteristici delle principali classi di composti organici. Metodi di meccanica molecolare per la determinazione di strutture. Uso comparato delle diverse tecniche nella risoluzione di problemi strutturali, particolarità e limiti.

Testi consigliati

R. M. SILVERSTEIN, C. G. BASSLER e T. C. MORRIL, *Spectrometric Identification of Organic Compounds*, J. Wiley & Sons., 5 ed., N. Y., 1991.

J. K. M. SANDERS e B. K. HUNTER, *Modern NMR Spectroscopy*, Oxford University Press, 2 ed, N. Y., 1993.

MINERALOGIA

Docente: Maria Carla Nannetti

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 4° anno

Crediti: 7

Esame: orale (2 prove scritte facoltative)

Scopo del corso: Introdurre concetti di base e approfondimenti specifici sulla natura dello stato solido cristallino, con particolare riferimento alle sue proprietà fisiche (specialmente ottiche) e alla sua struttura. Particolare interesse volto alle caratteristiche cristallochimiche che sono la base per la comprensione delle soluzioni solide e delle lacune di miscibilità e della conoscenza dei minerali come “materiali” naturali con vaste ricadute in campo applicativo.

Contenuto del corso: Concetto di minerale e roccia. Cenni sugli ambienti genetici naturali. Elementi di cristallografia geometrica. Associazioni di minerali. Proprietà fisiche dei minerali. Fenomeni di diffrazione e riflessione selettiva dei raggi X nei reticoli cristallini. Metodologie roentgenografiche a cristallo singolo e a polveri. Proprietà ottiche: rifrazione, riflessione e birifrazione. Le indicatrici ottiche. Il microscopio da mineralogia. Osservazioni al solo polarizzatore e a polarizzatori incrociati. L'uso del compensatore. Figure di interferenza. Cristallografia: Impacchettamento compatto, legami, coordinazione; esempi di strutture con particolare riguardo ai silicati. Isomorfismo e soluzioni solide. Polimorfismo. Mineralogia sistematica: le principali classi dei minerali con particolare riferimento ai fillosilicati e ai tectosilicati. Esempi di applicazioni in campo tecnologico.

Testi consigliati

S. BONATTI, M. FRANZINI, *Cristallografia mineralogica*, ed. Boringhieri.

G. GOTTARDI, *I minerali*, ed. Boringhieri.

G. CAROBBI, *Mineralogia*, Vol. 1 e 2, ed. USES.

RADIOCHIMICA**Docente: Ottavio Tubertini****Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 4° anno**Crediti:** 7**Esame:** orale

Scopo del corso: Dare una buona conoscenza di base sia teorica che pratica della radiochimica e offrire informazioni aggiornate sulle applicazioni della radiochimica a specifici campi di indagine con particolare riferimento alle scienze ambientali.

Contenuto del corso: Principi fondamentali di chimica nucleare (struttura del nucleo, nuclidi stabili e instabili, modelli nucleari) - cinetica del decadimento radioattivo - equilibri radioattivi - decadimento alfa, beta e gamma - reazioni nucleari (meccanismo, cinetica, energetica, alcuni esempi) - interazioni delle radiazioni ionizzanti con la materia - rivelatori di radiazioni (rivelatori a ionizzazione gassosa, a scintillazione, a semiconduttori) - radioprotezione - applicazioni della radioattività (fissione nucleare, analisi per attivazione, impiego di radiotraccianti nella ricerca ambientale, radiodatazione).

Testi consigliati

G. FRIEDLANDER, J. W. KENNEDY, E. D. MACIAS, J. MALCOLM MILLER, *Nuclear and radiochemistry*, 1981, John Wiley & Sons.

SINTESI E TECNICHE SPECIALI INORGANICHE**Docente: Maria Teresa Gandolfi****Tipo:** 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 5° anno**Crediti:** 7**Esame:** orale

Scopo del corso: Fornire una conoscenza approfondita delle principali tecniche di sintesi di composti inorganici e dei metodi di caratterizzazione più comunemente impiegati.

Contenuto del corso: Tecniche di sintesi: reazioni ad alta temperatura, tecniche in atmosfera inerte e in linea ad alto vuoto per composti sensibili all'aria.

Tecniche fisiche di purificazione: cristallizzazione, distillazione, sublimazione, cromatografia, scambio ionico, estrazione con solvente.

Tecniche di caratterizzazione: spettroscopia ultravioletto-visibile; spettroscopia infrarosso; spettrometria di massa; spettroscopia di risonanza magnetica nucleare. Conducibilità. Reattività chimica. Proprietà redox. Esercitazioni pratiche: sintesi e reattività di complessi di metalli nobili in diversi stati di ossidazione; sintesi e proprietà

spettroscopiche di complessi mono e polinucleari del ferro; sintesi e proprietà catalitiche di complessi del rodio; catalisi omogenea con complessi organometallici: la reazione di idroformilazione.

Testi consigliati

R. J. ANGELICI, *Synthesis and techniques in inorganic chemistry*, W. B. Saunders Company, Philadelphia London To.

D. F. SHRIVER, *The manipulation of air-sensitive compounds*, McGraw-Hill Book Company.

J. J. EISCH e R. B. KING, *Organometallic syntheses*, Academic Press, New York London.

Z. SZAFRAN, R. M. PIKE e M. M. SINGH, *Microscale Inorganic Chemistry*, J. Wiley Sons.

SINTESI E TECNICHE SPECIALI ORGANICHE

Docente: Diego Savoia

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 1° semestre, 5° anno

Crediti: 7

Esame: orale

Scopo del corso: Approfondire la conoscenza dei principi che governano la reattività dei composti organometallici, dei complessi di metalli di transizione, e dei radicali al carbonio; illustrare criticamente i metodi della sintesi organica che fanno uso di tali intermedi.

Contenuto del corso: Composti organometallici nella sintesi organica: natura del legame carbonio-metallo e struttura dei composti organometallici; preparazione, reattività, e meccanismi di reazione dei composti organometallici ionici e covalenti e dei complessi di metalli di transizione; applicazione in sintesi chemo-, regio- e stereoselettive.

Radicali nella sintesi organica: fattori sterici ed elettronici nella stabilizzazione di radicali al carbonio; reattività di radicali; generazione di radicali per omolisi di legami C-X (X = metallo, H, C, O, S, N, Br, ecc.) ed applicazioni in sintesi selettive; reazioni di radical-cationi e radical-anioni ottenuti per ossidazione/riduzione di composti organici.

Testi consigliati

J. J. EISCH, *The Chemistry of Organometallic Compounds*, The McMillan Company, New York, 1967.

S. G. DAVIES, *Organotransition Metal Chemistry, Application to Organic Synthesis*, Pergamon Press, Oxford, 1982.

J. P. COLLMANN, L. HEGEDUS, *Principles and Applications of Organotransition Metal Chemistry*, University Science Book, Mill Valley, 1987.

B. GIESE, *Radicals in Organic Synthesis. Formation of Carbon-Carbon Bonds*, Pergamon Press, Oxford, 1986.

J. FOSSEY, D. LEFORT, J. SORBA: *Free Radicals in Organic Chemistry*, J. Wiley & Sons, New York, 1995.

SPETTROSCOPIA MOLECOLARE (IND. SCIENZE MOLECOLARI)

Docente: Gabriele Cazzoli

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° Semestre, 4° anno

Crediti: 7

Esame: orale

Scopo del corso: Analisi dettagliata dell'interazione radiazione-molecola per una corretta interpretazione delle regole di selezione. Studio approfondito dei diversi tipi di spettroscopia molecolare di interesse chimico.

Contenuto del corso: Panoramica dei metodi sperimentali utilizzati nella spettroscopia molecolare. Interazione radiazione-molecola. Momenti di transizione. Coefficienti di assorbimento. Spettroscopia NMR: spettri di risonanza magnetica dell'atomo di H e di He; chemical shift e accoppiamento spin-spin; analisi di spettri in fase liquida; rilassamento di spin; equazioni di Bloch; studio della velocità di processi molecolari. Spettroscopia rotazionale: spettro rotazionale di molecole biatomiche, poliatomiche lineari, top simmetriche e top asimmetriche; effetto Stark e determinazione del momento dipolare di una molecola. Spettroscopia vibrazionale: spettro vibrorotazionale di una molecola biatomica; spettro vibrazionale di molecole poliatomiche; regole di selezione di simmetria; Spettroscopia Raman. Spettroscopia elettronica ad alta risoluzione. Spettroscopia Laser.

Testi consigliati

A. CARRINGTON AND A.D. MCLACHLAN, *Introduction to Magnetic Resonance*, Harper & Row, 1967.

J.D. GRAYBEAL, *Molecular Spectroscopy* McGraw-Hill, 1988

A.P. THORNE, *Spectrophysics* Chapman and Hall, 1988.

STRUTTURISTICA CHIMICA

Docente: Elena Ferracini Rossi

Tipo: 70 ore di lezioni/esercitazioni, 2° semestre, 4° anno

Crediti: 7

Esame: orale

Scopo del corso: Il corso è volto a dare una sufficiente conoscenza delle simmetrie nei cristalli, dei principi generali della diffrazione e delle relazioni matematiche fra struttura (distribuzione della densità elettronica) ed ampiezza di diffrazione; inoltre è finalizzato alla trattazione dei fondamenti dell'analisi strutturale ed ai problemi chimici ad essa connessi ed infine allo studio strutturale e morfologico dei materiali cristallini, semicristallini ed amorfi.

Contenuto del corso: Elementi di cristallografia morfologica e strutturale - Natura e proprietà dei raggi X - Interazione raggi X-materia: diffusione coerente, diffusione incoerente, assorbimento, fluorescenza - Teoria della diffrazione - Cristalli singoli e materiali policristallini - Interpretazione dei diffrattogrammi ed analisi strutturale - Problema della fase - Metodi diretti ed indiretti per la risoluzione delle strutture - Affinamento dei parametri strutturali - Importanza della strutturistica nella caratterizzazione chimico-fisica dei composti chimici Diffrazione di elettroni e di neutroni - Apparecchiature e tecniche della strutturistica roentgenografica - Relazioni proprietà-struttura nei solidi - Applicazioni analitiche delle tecniche roentgenografiche - Difetti del reticolo cristallino - Paracrystallo - Struttura e conformazione di macromolecole - Fibre - Interpretazione di diffrattogrammi di solidi difettivi e semicristallini - Diffusione e diffrazione a basso angolo.

Testi consigliati

J. PICKWORTH GLUSKER, K.N. TRUEBLOOD, *Crystal Structure Analysis*, Oxford University Press, 1985

M. BOLOGNESI, A. CODA, C. GIACOVAZZO, ET AL., *Introduzione alla cristallografia moderna*, Ed. F.lli Laterza, 1986

G.H. STOUT, L.H. JENSEN, *X-Ray Structure Determination, A practical Guide*, J.Wiley & Sons, 2nd edition, 1989

**Corso di Laurea
in
FISICA**

CORSO DI LAUREA IN FISICA

Introduzione all'Ordinamento Riformato

A partire dall'anno accademico 1997/98 è entrato in vigore l'Ordinamento Riformato del Corso di Laurea in Fisica (Tab XXI approvata con D.M. 23/02/1994, pubblicato sulla G.U. n.147 del 25/06/1994). Il testo della relativa modifica al Regolamento Didattico di Ateneo della Università di Bologna è stato pubblicato sulla G. U. n. 23 del 15/09/1996.

AVVERTENZE

A partire dall'anno accademico 1997/98 sono attivati i quattro anni del Corso di Laurea in Fisica secondo l'ordinamento riformato. Chi si iscrive per la prima volta a Fisica, anche se già in possesso di altra laurea, è tenuto a seguire l'ordinamento riformato. Gli studenti di Fisica del nuovo ordinamento (non riformato) che desiderano optare per l'ordinamento riformato hanno diritto di optare per l'ordinamento riformato entro 4 anni dall'entrata in vigore di questo (cioè fino all'anno accademico 2000/01). Per gli studenti del nuovo ordinamento (non riformato) che optano per l'ordinamento riformato sono predisposte le equivalenze di esami e di frequenze di cui all'ultimo paragrafo di questa introduzione. Gli studenti provenienti da Corsi di Laurea in Fisica (nuovo ordinamento) di altre Università possono richiedere l'iscrizione al corrispondente anno di corso del nuovo ordinamento, oppure possono optare per l'ordinamento riformato. Gli studenti provenienti da Corsi di Laurea in Fisica (vecchio ordinamento) di altre Università sono iscritti al corrispondente anno di corso del vecchio ordinamento.

ASPETTI GENERALI

Il Corso di Laurea in Fisica ha la durata di quattro anni con un triennio comune ed il quarto anno articolato in sette indirizzi. I corsi di insegnamento del triennio comune sono quattordici, tutti annuali. Gli esami del quarto anno (d'indirizzo) sono non meno di cinque, di cui almeno due relativi a corsi semestrali; i due corsi di insegnamento semestrali, a scelta dello studente, possono essere sostituiti con un solo annuale.

Il Consiglio di Corso di Laurea propone quali insegnamenti, dell'ordinamento didattico approvato dalla Facoltà, siano da considerarsi semestrali, ovvero quale parte di quelli annuali può essere considerata equivalente ad un corso di insegnamento semestrale.

Uno dei due insegnamenti 13 o 14 (vedi triennio comune) del terzo anno può essere seguito nel quarto anno. In tal caso lo studente può chiedere, in sede di presentazione del

piano di studi, di sostenere nel terzo anno l'esame di uno dei corsi semestrali del quarto anno.

CURRICULUM DEGLI STUDI

TRIENNIO COMUNE

Corsi obbligatori e comuni a tutti gli indirizzi

<i>I anno</i>	<i>II anno</i>	<i>III anno</i>
1 Fisica generale I (415)	5 Fisica generale II (417)	10 Metodi matematici della fisica (709)
2 Esperimentazioni di Fisica I (7906)	6 Esperimentazioni di Fisica II (10705)	11 Istituzioni di fisica teorica (539)
3 Analisi matematica I (15)	7 Analisi matematica II (17)	12 Esperimentazioni di Fisica III (10784)
4 Geometria (470)	8 Chimica generale ed inorganica	13 Struttura della materia (1013)
	9 Meccanica razionale con elementi di meccanica statistica (10783)	14 Istituzioni di fisica nucleare e subnucleare (10785)

Si richiederà inoltre allo studente una prova di conoscenza della lingua inglese (2058). I corsi 1, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 13 e 14 sono accompagnati da esercitazioni (non di laboratorio) che ne fanno parte integrante. Il corso 8 è accompagnato da esercitazioni di laboratorio che ne fanno parte integrante.

INDIRIZZI DEL QUARTO ANNO

Per consentire al Consiglio di Corso di Laurea di pianificare l'organizzazione dei corsi, la scelta dell'indirizzo deve essere effettuata al momento dell'iscrizione al terzo anno. Lo studente potrà, all'atto dell'iscrizione al quarto anno, chiedere, con domanda motivata, di cambiare l'indirizzo prescelto.

Gli indirizzi attivati sono i seguenti:

Indirizzo di FISICA NUCLEARE e SUBNUCLEARE

Indirizzo di FISICA della MATERIA

Indirizzo DIDATTICO e di STORIA della FISICA

Indirizzo TEORICO GENERALE

Indirizzo di FISICA TERRESTRE e dell'AMBIENTE

Indirizzo ELETTRONICO-CIBERNETICO

Indirizzo di FISICA dei BIOSISTEMI

Ciascuno di questi indirizzi è articolato in 3 annualità e in 2 moduli semestrali (che, a richiesta dello studente, possono essere sostituiti da un'unica annualità) in modo che, complessivamente, almeno 2 annualità siano strettamente caratterizzanti ed almeno 1 annualità corrisponda ad un laboratorio specialistico, ad eccezione dell'indirizzo teorico-generale per cui è sufficiente un modulo semestrale a carattere fenomenologico o di laboratorio.

Indirizzo di FISICA NUCLEARE e SUBNUCLEARE

15) Annuale a scelta fra:

Fisica nucleare (422)

Fisica subnucleare (12092)

16) Annuale a scelta fra:

Teoria dei sistemi a molti corpi (10771)

Fisica delle particelle elementari (411)

Teoria dei campi (9520)

17) Annuale:

Laboratorio di fisica nucleare e subnucleare

18)-19) Due semestrali a scelta fra:

Acquisizione ed analisi di dati della fisica (sem.) (II semestre) (13191)

Astrofisica (sem.) (I parte o, in alternativa, II parte) (12094)

Fisica dei dispositivi elettronici (sem.) (I parte o, in altern., II parte) (12105)

Fisica cosmica (sem.) (II semestre) (13190)

Relatività (sem.) (I parte o, in alternativa, II parte) (12096)

Teoria dei campi (sem.) (II parte) (12098)

Fisica Teorica (sem.) (II parte) (13985)

Annuali (in sostituzione dei due semestrali):

Astrofisica (56)

Fisica Teorica (431)

Fisica dei dispositivi elettronici (10798)

Gli insegnamenti indicati al punto 16).

Indirizzo di FISICA della MATERIA

15) Annuale:

Fisica dello stato solido (412)

16) Annuale a scelta fra:

Fisica dei metalli (5522)

Ottica elettronica (753)

Teoria quantistica della materia (13193)

17) Annuale

Laboratorio di fisica della materia (10791)

18)-19) Due semestrali a scelta fra:

Fisica dei materiali (sem.) (II semestre) (12100)

Ottica elettronica (sem.) (I parte o, in alternativa, II parte) (12102)

Spettroscopia (sem.) (I semestre) (13301)

Annuali (in sostituzione dei due semestrali):

Meccanica statistica (695)

Fisica dei dispositivi elettronici (10798)

Gli insegnamenti indicati al punto 16).

Indirizzo DIDATTICO e di STORIA della FISICA

15)-16) Due annuali:

Complementi di fisica (183)

Storia della fisica (972)

17) Annuale

Preparazione di esperienze didattiche (806)

18)-19) Due semestrali a scelta fra:

Didattica della fisica (sem.) (I semestre) (12112)

Laboratorio di Fisica dei dispositivi elettronici (sem.) (I parte) (13182)

Astrofisica (sem.) (I parte o, in alternativa, II parte) (12094)

Relatività (sem.) (I parte o, in alternativa, II parte) (12096)

Fisica dei dispositivi elettronici (sem.) (I parte o, in alternativa, II parte) (12105)

Didattica della Matematica (sem. I mod.) (mutuato da Matematica) (11656)

Didattica della Matematica (sem. II mod.) (mutuato da Matematica) (11657)

Annuali (in sostituzione dei due semestrali):

Astrofisica (56)

Relatività (883)

Cosmologia (mutuato da Astronomia) (3401)

Fisica dei dispositivi elettronici (10798)

Didattica della Matematica (I + II mod.) (mutuato da Matematica)

Indirizzo TEORICO GENERALE

15)-16) Due annuali a scelta fra:

Fisica teorica (431)

Meccanica statistica (695)

Teoria dei sistemi a multicorpi (10771)

Relatività (883)

Teoria dei campi (9520)

17) Annuale a scelta fra:

- Fisica matematica (421)
- Sistemi dinamici (10610)
- Gli insegnamenti indicati ai punti 15)-16).

18) Semestrale a scelta fra:

- Astrofisica (sem.) (I parte o, in alternativa, II parte) (12094)
- Fisica delle particelle elementari (sem.) (I parte) (13192)
- Fisica nucleare (sem.) (I parte) (13188)
- Fisica subnucleare (sem.) (I parte) (13198)
- Laboratorio di fisica nucleare e subnucleare (sem.) (I parte) (13187)

19) Semestrale a scelta fra:

- Astrofisica (sem.) (I parte o, in alternativa, II parte) (12094)
- Fisica Matematica (sem.) (I parte o, in alternativa, II parte) (12117)
- Meccanica statistica (sem.) (I parte o, in alternativa, II parte) (12111)
- Relatività (sem.) (I parte o, in alternativa, II parte) (12096)
- Sistemi dinamici (I parte o, in alternativa, II parte) (sem.) (10610)
- Teoria dei campi (sem.) (I parte o, in alternativa, II parte) (12098)
- Teoria dei sistemi a molti corpi (sem.) (I parte o, in alternativa, II parte) (12118)
- Fisica delle particelle elementari (sem) (I parte) (13192)
- Fisica nucleare (sem) (I parte) (13188)
- Fisica subnucleare (sem) (I parte) (13198)
- Laboratorio di fisica nucleare e subnucleare (sem) (I parte) (13187)
- Fisica Teorica (sem) (I parte) (13985)

Annuali (in sostituzione dei due semestrali):

- Fisica nucleare (422)
- Fisica subnucleare (12092)
- Fisica delle particelle elementari (411)
- Astrofisica (56)
- Laboratorio di fisica della materia (10791)
- Laboratorio di fisica nucleare e subnucleare (13186)

Indirizzo di FISICA TERRESTRE e dell'AMBIENTE

15) Annuale:

- Geofisica (3407)

16) Annuale a scelta fra:

- Fisica dell'atmosfera (410)
- Geodesia (453)
- Sismologia teorica (9418)

17) Annuale:

Laboratorio di geofisica (10796)

18)-19) Due semestrali a scelta fra:

- Climatologia e meteorologia (sem.) (II semestre) (12128)
- Fisica terrestre (sem.) (II semestre) (12119)
- Fisica dell'atmosfera (sem.) (I, o in alternativa, II parte) (12120)
- Fisica superiore (sem.) (I parte o, in alternativa, II parte) (12113)
- Geodesia (sem.) (I, o in alternativa, II parte) (12121)
- Sismologia teorica (sem.) (I, o in alternativa, II parte) (12109)
- Tettonofisica (sem.) (I, o in alternativa, II parte) (12110)

Annuali (in sostituzione dei due semestrali):

- Fisica superiore (429)
- Sismologia (mutuato da Scienze Geologiche) (903)

Indirizzo ELETTRONICO-CIBERNETICO

15)-16) Due annuali a scelta fra:

- Elettronica (269)
- Fisica dei dispositivi elettronici (10798)
- Sistemi operativi (mutuato da Informatica) (8574)

17) Annuale:

- Laboratorio di Fisica dei dispositivi elettronici (13181)

18)-19) Due semestrali a scelta fra:

- Acquisizione ed analisi di dati della fisica (sem.) (II semestre) (13191)
- Fisica dei materiali (sem.) (II semestre) (12100)
- Architettura degli elaboratori (sem.) (I semestre) (13183)
- Meccanica statistica (sem.) (I parte) (12111)
- Teoria dell'informazione (sem.) (mutuato da Informatica) (13213)
- Fisica dei dispositivi elettronici (sem.) (I parte o, in alternativa, II parte) (12105)
- Elettronica (sem.) (I parte o, in alternativa, II parte) (12095)

Annuali (in sostituzione dei due semestrali):

- Sistemi operativi (mutuato da Informatica) (8574)
- Meccanica statistica (695)

Indirizzo di FISICA dei BIOSISTEMI

15)-16) Due annuali a scelta fra:

- Biofisica (65)
- Fisica biomedica (10804)
- Fisica dei dispositivi elettronici (10798)

17) Annuale a scelta tra:

Laboratorio di fisica biologica (10806)

Laboratorio di fisica sanitaria (10807)

18)-19) Due semestrali a scelta fra:

Acquisizione ed analisi di dati della fisica (sem.) (II sem.) (13191)

Fisica superiore (sem.) (I parte) (12113)

Meccanica statistica (sem.) (I parte) (12111)

Biofisica (sem.) (I parte) (12106)

Fisica dei dispositivi elettronici (sem.) (I parte) (12105)

Laboratorio di Fisica dei dispositivi elettronici (sem.) (I parte) (13182)

Annuali (in sostituzione dei due semestrali):

Fisica dello stato solido (412)

Laboratorio di Fisica dei dispositivi elettronici (13181)

AVVERTENZA PER I CORSI DI INDIRIZZO

Di norma lo studente dovrà scegliere i corsi annuali e semestrali d'indirizzo tra quelli elencati nell'indirizzo prescelto. Lo studente può richiedere, con apposito e motivato piano di studi individuale da sottoporre alla approvazione del Consiglio di corso di laurea, la sostituzione di insegnamenti non strettamente caratterizzanti (18 e 19 per tutti gli indirizzi, 17 e un semestrale [18 o 19], per l'indirizzo Teorico Generale) dell'indirizzo prescelto con altri insegnamenti di altri indirizzi del corso di laurea o di altri corsi di laurea.

PROPEDEUTICITÀ

I corsi dei primi due anni sono propedeutici ai corsi degli anni successivi. I corsi terminanti con I e II sono propedeutici rispettivamente agli analoghi corsi terminanti con II e III; essi constano di corsi distinti e di esami distinti. Possono sostenere esami del terzo anno solo gli studenti che abbiano superato Analisi matematica I e II, Fisica generale I e II e la prova di conoscenza della lingua inglese. Possono sostenere esami del quarto anno soltanto gli studenti che abbiano superato tutti gli esami del primo biennio.

FREQUENZA

L'accertamento della frequenza per gli insegnamenti che comportano prove pratiche in laboratorio o in campagna è fatto dal docente dell'insegnamento. Di norma non è consentita la frequenza a più di un corso di laboratorio all'anno.

ESAME DI LAUREA

Il Consiglio di Corso di Laurea stabilisce le modalità di svolgimento dell'esame di laurea che comprende la presentazione di una tesi scritta alla quale non si richiede necessariamente il carattere di ricerca originale.

Gli studenti che svolgono una tesi con un relatore che non sia della Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali devono chiedere la preventiva autorizzazione del Consiglio di Corso di Laurea.

Le modalità di assegnazione e di svolgimento della tesi di laurea sono definite da un'apposita regolamentazione interna. La tesi di laurea (in duplice copia) dovrà essere depositata in segreteria almeno 15 giorni prima del giorno fissato per l'esame di laurea. Superato l'esame di laurea lo studente consegue il titolo di «Dottore in Fisica», indipendentemente dall'indirizzo prescelto, del quale sarà fatta menzione soltanto nella carriera scolastica.

NORME PER IL RICONOSCIMENTO DI ESAMI E DI ATTESTAZIONI DI FREQUENZA, PER STUDENTI PROVENIENTI DA ALTRI CORSI DI LAUREA, DA ALTRE FACOLTÀ O UNIVERSITÀ (SALVO DIVERSE DISPOSIZIONI DA VERIFICARE ALL'ATTO DEL TRASFERIMENTO)

Il Consiglio di Corso di Laurea decide sulle affinità dei corsi. Qualunque esame giudicato affine è convalidato sulla base del curriculum complessivo.

Per quanto riguarda i corsi del quarto anno è consentito convalidare con esami affini: uno o due semestrali (18,19 - vedi indirizzi del quarto anno) rispettivamente con uno o due semestrali oppure due semestrali (18,19) con un annuale.

Gli studenti già laureati (esclusi i laureati in Astronomia) dovranno sostenere almeno quattro esami fondamentali del terzo anno e precisamente: Istituzioni di Fisica teorica, Struttura della materia, Istituzioni di Fisica nucleare e subnucleare, Esperimentazioni di fisica III.

Il Consiglio di Corso di Laurea si riserva di valutare caso per caso l'affinità e la convalida di esami caratterizzanti l'indirizzo scelto al quarto anno.

EQUIVALENZE DI ESAMI E FREQUENZE PER GLI STUDENTI DEL NUOVO ORDINAMENTO

Insegnamenti con lo stesso nome e lo stesso codice nell'ordinamento riformato e nel nuovo ordinamento ai fini di esami e frequenze sono equivalenti. Ulteriori equivalenze:

<i>Nuovo ordinamento</i>	<i>Ordinamento riformato</i>
Chimica (88)	Chimica generale ed inorganica (130)
Analisi ed elaborazione dei segnali (12093)	Acquisizione ed analisi di dati della fisica (13191)
Radiazione cosmica (12097)	Fisica cosmica (13190)
Ottica elettronica (12102)	Ottica elettronica (I semestre) (12102)
Microscopia elettronica (12101)	Ottica elettronica (II semestre) (12102)
Laboratorio di elettronica (10801)	Laboratorio di fisica dei dispositivi elettronici (13181)
Laboratorio di elettronica (12114)	Laboratorio di fisica dei dispositivi elettronici (I semestre) (13182)
Meccanica non lineare (12116)	Sistemi dinamici (10610)
Macchine calcolatrici (12126)	Architettura degli elaboratori (13183)
Teoria quantistica dei solidi (12104)	Teoria quantistica della materia (I sem.) (13124)
Fisica dei fenomeni cooperativi e delle transizioni di fase (12099)	Teoria quantistica della materia (II sem.) (13214)
Laboratorio di fisica subnucleare (10787)	Laboratorio di fisica nucleare e subnucleare (13186)

Programmi dei corsi

ACQUISIZIONE ED ANALISI DI DATI DELLA FISICA

Docente: Renato Campanini

Tipo: semestrale, 40 ore di lezione, II semestre, IV anno

Crediti: 7

Esame: orale

Contenuto del corso: Descrizione statistica dei dati: Momenti di una distribuzione, confronti tra due distribuzioni con test statistici, misure di associazione per due distribuzioni, correlazione non parametrica, entropia di una distribuzione, metodo dei minimi quadrati in modelli lineari e non lineari nei parametri.

Rappresentazione ed analisi dei segnali: Trasformate, filtri e analisi spettrale con algoritmi per elaboratore elettronico.

Pattern recognition: Estrazione delle quantità caratteristiche, metodi di classificazione, metodi di apprendimento per classificatori supervisionati e non supervisionati.

Reti neurali: Nozioni sul sistema nervoso, le reti neurali a memoria associativa e la loro evoluzione dinamica, reti feed forward supervisionate e non, reti ricorrenti, macchina di Boltzmann, mappe di Kohonen; applicazione di metodi della meccanica statistica allo studio delle reti neurali. Applicazioni delle reti neurali all'analisi dei dati.

Metodi di ottimizzazione e calcolo evolutivo: Metodi numerici per la ricerca dei minimi o massimi di una funzione, metodo del simulated annealing, gli algoritmi genetici.

Testi consigliati

S.A. TEUKOLSKI, W.H. PRESS, B.P. FLANNERY, W.T. VETTERLING, *Numerical Recipes - The art of scientific computing*, 2nd ed., Cambridge University Press.

B. MULLER, J. REINHARDT, *Neural Networks*, Springer-Verlag.

ANALISI MATEMATICA I

Docente: Otto Liess

Tipo: 80 ore di lezione, I anno

Crediti: 15

Esame: scritto e orale

Contenuto del corso: Elementi di teoria degli insiemi. Relazioni d'ordine, di equivalenza, funzioni. Numeri reali e proprietà di Archimede. Spazi metrici, \mathbb{R}^n e \mathbb{C}^n . Sfere e intorni. Insiemi aperti e insiemi chiusi, punti di accumulazione. Successioni in \mathbb{R} , \mathbb{R}^n e in uno spazio metrico. Proprietà elementari dei limiti. Teoremi di permanenza del segno e di confronto per i limiti in \mathbb{R} . Successioni di Cauchy e spazi metrici completi. Completezza di \mathbb{R}^n . Serie in \mathbb{R} e in \mathbb{C} . Serie a termini positivi, criteri del rapporto e della radice, criterio integrale. Teorema di Abel-Dirichlet. Serie a segni alterni, criterio di Leibniz. Serie condizionatamente convergenti, teorema di Riemann-Dirichlet. Limiti per funzioni tra spazi metrici. Funzioni continue. Funzioni elementari: funzione esponenziale e funzione logaritmo, funzioni circolari e loro inverse, funzioni iperboliche e loro inverse. Insiemi connessi per archi. Teoremi di Weierstrass, Bolzano e Heine-Cantor. Derivate per funzioni reali di una variabile reale. Teoremi di Rolle, Cauchy, Lagrange e Darboux. Relazioni tra monotonia e segno della derivata. Massimi e minimi. Studio qualitativo di funzioni reali. Teoremi di de l'Hopital. Formula di Taylor con il resto secondo Peano e secondo Lagrange. Serie di Taylor. Simboli di Landau e loro applicazione allo studio di limiti. Integrale secondo Riemann. Integrabilità delle funzioni continue, delle funzioni monotone e delle funzioni discontinue in un numero finito di punti. Teorema della media integrale, teorema fondamentale del calcolo integrale e sue applicazioni. Concetto di primitiva. Formula di integrazione per parti e per cambiamento di variabili. Integrazione di funzioni razionali e di funzioni ad essere riducibili in modo elementare. Integrale generalizzato. Successioni e serie di funzioni. Convergenza uniforme. Spazio metrico $C([a,b])$ e sua completezza. Serie di potenze. Teoremi di Cauchy-Hadamard e di Abel. Metodi numerici per il calcolo degli zeri di una funzione: metodo di bisezione e metodo delle tangenti. Integrazione numerica: metodo dei rettangoli, dei trapezi e di Cavalieri-Simpson.

Testi consigliati

D. PAGANI, S. SALSA, *Analisi Matematica I*, Masson, Milano.

E. LANCONELLI, *Analisi Matematica I*, Pitagora, Bologna.

ANALISI MATEMATICA II

Docente: Bruno Franchi

Tipo: 80 ore di lezione, I anno

Crediti: 12

Esame: prova scritta su esercizi standard sugli argomenti del corso (3 ore) e colloquio orale.

Contenuto del corso: Problema di Cauchy. Teorema di Peano-Picard per equazioni e per sistemi. Teorema di Banach-Caccioppoli. Prolungabilità e soluzione massimale. Equivalenza di sistemi ed equazioni di ordine superiore. Equazioni a variabili separabili. Sistemi ed equazioni lineari: prolungabilità delle soluzioni e struttura dell'insieme delle soluzioni. Sistemi fondamentali di soluzioni, determinante wronskiano. Metodo della

variazione delle costanti. Differenziabilità per funzioni da R^n a R^m . Derivate parziali e teorema di Schwarz. Teoremi elementari sulle funzioni differenziabili. Massimi e minimi. Studio qualitativo di funzioni da R^n a R . Teorema dell'invertibilità locale e teorema di Dini. Varietà di R^n , spazio tangente e sua caratterizzazione. Teorema dei moltiplicatori di Lagrange e sue applicazioni. Misura di Lebesgue. Integrale secondo Lebesgue. Funzioni sommabili. Teoremi di B. Levi, Fatou e Lebesgue. Teoremi di riduzione di Fubini-Tonelli. Teorema di cambiamento delle variabili ed esempi (coordinate polari, cilindriche, coniche). Spazi e loro completezza. Primi elementi delle serie di Fourier in L^2 . Curve e superficie in R^3 . Lunghezza e area. Campi vettoriali e potenziali. Teoremi di Gauss-Green, della divergenza e di Stokes. Funzioni olomorfe. Formula di integrale Cauchy. Analicità delle funzioni olomorfe. Teorema del massimo modulo e teorema fondamentale dell'algebra. Serie di Laurent. Residui e poli. Applicazione al calcolo di integrali reali.

Testi consigliati

D. PAGANI, S. SALSA, *Analisi Matematica II*, Masson, Milano.
E. LANCONELLI, *Analisi Matematica II*, Pitagora, Bologna.

ARCHITETTURA DEGLI ELABORATORI

Docente: Paolo Ciancarini

Tipo: semestrale, 40 ore di lezione + laboratorio, IV anno

Crediti: 7

Esame: scritto e orale

Contenuto del corso: Il corso presenta le problematiche teoriche concernenti il progetto dei moderni sistemi operativi, con particolare riferimento a quelli di tipo Unix.

- Sistemi operativi: visione utente, superutente e programmatore di sistema.
- Cenni di programmazione di sistema in C sotto Unix.
- Architetture di s.o.: monolitici, a micronucleo, con macchina virtuale.
- Gestione dei processi: schedulazione, interruzioni, messaggi.
- Gestione delle risorse: politiche e meccanismi; stallo.
- Gestori dei dispositivi di I/O e di memorizzazione permanente.
- Gestione della memoria centrale; memoria virtuale.
- Il file system e il sistema di protezione delle risorse.
- Cenni sui sistemi operativi distribuiti per reti.

Testi consigliati

TANENBAUM, *Modern Operating Systems*, Prentice Hall, 1991.

ASTROFISICA**Docente: Gabriele Giovannini**

Tipo: 80 ore di lezioni: I semestre 40 ore, II semestre 40 ore

Crediti: 14

Esame: orale

Scopo del corso:

I Semestre: Dare i principi base della evoluzione stellare con collegamenti alle reazioni nucleari presenti nelle stelle. Analisi delle proprietà delle galassie a Spirale e breve discussione sulla presenza di Massa Oscura.

II Semestre: Analizzare le proprietà delle Galassie Ellittiche ed Ammassi di Galassie per giungere a studiare gli attuali modelli di formazione ed evoluzione dell'universo.

Annuale: I + II semestre

Contenuto del corso:

Parte I: Astrofisica Stellare: Proprietà osservative delle Stelle; Determinazione di parametri fisici: Luminosità, Massa, Distanza, Temperatura; Classificazione Spettrale; Popolazioni Stellari ed il diagramma H-R; Reazioni Nucleari all'interno di una stella; Evoluzione Stellare; Stelle variabili e Supernovae; Pulsar; Emissione della riga a 21 cm; Galassie a Spirale; La determinazione della massa nelle Galassie a Spirale.

Parte II: Astrofisica Extragalattica e Cosmologia: Morfologia delle Galassie; Misura dei parametri fondamentali: Distanza, Luminosità, Curve di rotazione, Massa; Radiogalassie, Nuclei Attivi e Quasar; Modelli Unificati; Ammassi e strutture di grande scala; Cosmologia non relativistica; Un modello di Universo: il Big Bang; La determinazione delle costanti cosmologiche; La radiazione di fondo.

Testi consigliatiL. GRATTON, *Introduzione all'Astrofisica*, Zanichelli.E. BOHEM-VITENSE, *Introduction to Stellar Astrophysics*, Cambridge Univ. Press.F. LUCCHIN, *Introduzione alla Cosmologia*, Zanichelli.C. E R. FANTI, *Dispense di Radioastronomia*

Altre referenze bibliografiche completate da articoli di letteratura, verranno date durante il corso.

Note per lo studente: Avvertenza: Il corso si divide in due parti. Può pertanto essere considerato un corso «annuale» per coloro che le seguiranno entrambe o «semestrale» per coloro che ne seguiranno solo la I o II parte. Si invitano comunque gli studenti interessati solamente alla seconda parte a contattare il docente all'inizio dell'Anno Accademico per accordi.

BIOFISICA**Docente: Rita Casadio****Tipo:** 80 ore di lezioni e seminari, I e II semestre, IV anno**Crediti:** 14 crediti in due moduli**Esame:** Test scritto e colloquio orale

Scopo del corso: Fornire gli elementi essenziali per la comprensione di alcuni fenomeni biologici descrivibili mediante modelli quantitativi a livello macroscopico e microscopico. Conoscenze richieste: nozioni di meccanica statistica, struttura della materia, meccanica quantistica e termodinamica.

Contenuto del corso:*I Modulo:*

Biofisica molecolare delle membrane biologiche. Lipidi e sistemi modello. L'effetto idrofobico e il polimorfismo lipidico. Struttura delle proteine. Proteine globulari e di membrana. Struttura e funzione delle proteine.

Le interazioni alla base della stabilità delle membrane biologiche e delle strutture proteiche: interazioni elettrostatiche, dipolo-dipolo, dipolo-dipolo indotto. Interazioni di van der Waals. Legami idrogeno. Il problema del folding proteico. Funzioni delle proteine e meccanismi cinetici. Teoria dello stato di transizione.

Proprietà elettriche delle membrane biologiche. Differenze di potenziale elettrico transmembrana. Potenziali elettrici intramembrana e loro caratterizzazione. Il problema dell'interfaccia soluzione-membrana. La teoria di Gouy-Chapman e l'accumulo di ioni all'interfaccia. Meccanismi di generazione dei gradienti ionici transmembrana. Trasferimento elettronico e protonico in membrane biologiche: processi fotosintetici e respiratori.

La termodinamica dei processi irreversibili e la sua applicazione alla descrizione del trasporto passivo ed attivo attraverso membrane biologiche. Le membrane biologiche come membrane «accoppianti» tra flussi scalari e flussi vettoriali. Modelli termodinamici della conservazione dell'energia nei processi fotosintetici e respiratori.

II Modulo.

Le proteine come sistemi complessi. Le funzioni target e i campi di forza. Modelling di proteine. Studio simulato del folding. Analisi delle sequenze proteiche tramite l'uso delle banche dati e predizione delle strutture proteiche con metodi di machine learning. Minimizzazione dell'energia e dinamica molecolare in campi di forze diversi. Utilizzo di programmi adatti nel caso di proteine. Metodi per l'ingegnerizzazione di proteine. Metodi per lo studio dell'interazione tra piccole molecole e proteine. Drug design. Simulazione della interazione peptide-proteina e proteina-proteina. L'interazione tra proteina ed acidi nucleici. Studio quanto-meccanico della reattività enzimatica.

Il II modulo include un laboratorio computazionale (15 ore) per il modeling di proteine da svolgersi mediante l'ausilio di stazioni di calcolo.

Testi consigliati

C.R. CANTOR e P.R. SCHIMMEL, *Biophysical Chemistry*, 3 volumi, WH Freeman e Co, San Francisco, 1980.

C. SYBESMA, *Biophysics*, Kluwer Academic Plub., The Netherlands, 1989.

J.N. ISRAELACHVILI, *Intermolecular and Surface Forces*, Academic Press, London, 1992.

La guida dell'NHI al MOLECULAR MODELING (1996), in INTERNET:
<http://molbio.info.nih.gov/modeling/guide-documents/about.html>

CHIMICA

Docente: Carlo Castellari

Tipo: 80 ore di lezione, annuale, II anno

Crediti: 10

Esame: scritto e orale

Contenuto del corso: Masse atomiche. Il concetto di mole ed il numero di Avogadro. Configurazione elettronica degli atomi e tavola periodica degli elementi. Nomenclatura e formule. Stechiometria. Generalità sulle reazioni chimiche. Termodinamica. Bilanci entalpici di reazioni chimiche. La funzione di Gibbs. Sistemi ideali. Equilibri fisici fra stati. Proprietà colligative. La condizione di equilibrio di una reazione chimica. Sistemi non ideali, equilibri ionici. Elettrochimica. Cinetica delle reazioni chimiche. Legame chimico. Chimica degli elementi. Cenni di chimica organica

Testi consigliati

P. CORRADINI, *Chimica Generale*, III ed. C.E.A., Milano.

Appunti dalle Lezioni.

CLIMATOLOGIA E METEOROLOGIA

Docente: Franco Mattioli

Tipo: Corso semestrale (II semestre).

Scopo del corso: Si approfondiscono le basi della dinamica dei fluidi geofisici per una migliore comprensione dei processi meccanici e termodinamici che avvengono in atmosfera. Quindi si analizzano con un certo dettaglio diversi fenomeni meteorologici di natura fondamentale. Si consegue così una visione generale del meccanismo di funzionamento globale del sistema meteo-oceanografico. In quest'ambito si sviluppano le conoscenze di natura climatologica relativamente agli equilibri energetici globali e alla storia dell'evoluzione del clima terrestre .

Contenuto del corso

Equazioni del moto. I processi radiativi in atmosfera e oceano. Stratificazione e stabilità statica. Equilibri dinamici stazionari fondamentali (equilibrio geostrofico, relazione di vento termico, moti ciclonici e anticiclonici). Dinamica dello strato limite planetario. Equazione della vorticità e conservazione della vorticità potenziale. L'approssimazione quasi-geostrofica. Instabilità barotropiche e barocline. Moti su scala sinottica e previsione meteorologica. Circolazione generale dell'atmosfera. Circolazione superficiale degli oceani. Circolazione termoalina. Equilibri energetici globali. Cambiamenti climatici naturali e antropici. Evoluzione del clima terrestre. Modelli climatici globali.

Testi consigliati

F. MATTIOLI, *Principi Fisici di Oceanografia e Meteorologia*. Seconda Edizione.

D. L. HARTMANN *Global Physical Climatology*.

J. R. HOLTON *An Introduction to Dynamic Meteorology*.

J. M. WALLACE & P. HOBBS, *Atmospheric Science*

COMPLEMENTI DI FISICA

Docente: Francesco Bonsignori

Tipo: 70 ore di lezione + 20 di esercitazione, annuale, IV anno

Crediti: 14

Esame: orale

Scopo del corso: Per gli studenti che desiderano diventare insegnanti di fisica o ricercatori nel campo della storia o della filosofia della fisica, fornire una migliore comprensione dei fondamenti della fisica con particolare riferimento all'elettromagnetismo, alla relatività e alla meccanica quantistica.

Contenuto del corso:

I) Alcuni argomenti di elettromagnetismo classico. La struttura formale delle equazioni di Maxwell-Lorentz; dalle equazioni microscopiche di Maxwell-Lorentz alle equazioni macroscopiche nei mezzi materiali. L'irraggiamento da parte di particelle cariche con particolare riferimento alla radiazione detta di sincrotrone. La formulazione canonica dell'elettromagnetismo classico e la quantizzazione del campo di radiazione.

II) Uno sguardo storico e critico alla relatività ristretta. La meccanica relativistica del punto materiale. La formulazione quadridimensionale della relatività ristretta. La relatività e l'elettromagnetismo. Ottica relativistica. I fondamenti della relatività generale.

III) I fondamenti concettuali della meccanica quantistica. Richiami elementari sul formalismo della meccanica quantistica. La descrizione realistica della realtà microscopica. La non separabilità quantistica e il paradosso ERP. Le disuguaglianze di Bell: cenni sulle varie interpretazioni alternative; i problemi connessi colla teoria della misura. La

meccanica quantistica e la conoscenza del mondo fisico.

Testi consigliati

J.D. JAKSON, *Elettrodinamica Classica*, Zanichelli.

L. LANDAU e E. LIFCHITZ, *Teoria dei campi*, Editori Riuniti, Roma.

J.C. BOUDENOT, *Electromagnetisme et Gravitation relativistes*, Ellipses, Parigi.

DIDATTICA DELLA FISICA

Docente: Nella Grimellini Tomasini

Tipo: Semestrale; IV anno, primo semestre; 50 ore di lezione

Crediti: 7

Esame: orale

Scopo del corso: fornire agli studenti gli strumenti concettuali per una riflessione sulle conoscenze di fisica acquisite nei corsi del triennio al fine di definire una prospettiva professionalizzante sui processi di mediazione culturale e didattica.

Contenuto del corso

Il corso prevede la trattazione dei seguenti temi:

- Ruolo della fisica nel quadro dell'educazione scientifica nella scuola secondaria.
- Rilevanza della riflessione epistemologica per la didattica della fisica.
- Processi di apprendimento in fisica in relazione alle diverse teorie dell'apprendimento.
- Strategie didattiche e ambienti di apprendimento per l'insegnamento della fisica.
- Valutazione dei processi di insegnamento/apprendimento della fisica: metodi di monitoraggio e processi di cambiamento concettuale.
- Metodi e contenuti della ricerca in didattica della fisica.
- Rilevanza della ricerca in didattica della fisica nella gestione dei processi di insegnamento/apprendimento della fisica. Le attività del corso prevedono inoltre un'attività seminariale degli studenti prevalentemente incentrata sulla discussione di articoli di ricerca in didattica della fisica pubblicati sulle principali riviste internazionali del settore.

Testi consigliati

A.B. ARONS, *A guide to Introductory Physics Teaching*, John Wiley & Sons, Inc., 1990.

Traduzione italiana: *Guida all'insegnamento della fisica*, Zanichelli, Bologna, 1992.

N. GRIMELLINI TOMASINI, G. SEGRÉ (a cura di), *Conoscenze scientifiche: le rappresentazioni mentali degli studenti*, La Nuova Italia, Firenze, 1991.

J. D. NOVAK, D.B. GOWIN, *Learning how to learn*, Cambridge University Press, 1984 (Traduzione italiana: *Imparando ad imparare*, SEI, Torino, 1989).

M. VICENTINI, M. MAYER (a cura di), *Didattica della Fisica*, La Nuova Italia, Firenze, 1996.

ELETTRONICA**Docente:** Enzo Gandolfi**Tipo:** 80 ore, annuale, IV anno**Crediti:** 14**Esame:** orale**Contenuto del corso**

Il corso è diviso nelle due seguenti parti:

I Parte

- studio dei circuiti passivi in regime sinusoidale e impulsivo
- generalità sulle reti di trasmissione
- algebra di Boole e sistemi di numerazione binaria
- generalità sui semiconduttori e transistori, le diverse classi dei circuiti integrati
- reti combinatorie; principali chip commerciali.

II Parte

- le reti sequenziali
- diagramma di Moore e Mealy nella progettazione di reti sequenziali
- i principali chip sequenziali esistenti sul mercato
- progetto di reti sequenziali per rivelare sequenze, esempi e progetto di reti autonome
- struttura del microprocessore a 8 bit e introduzione al linguaggio VHDL per la progettazione di reti sequenziali.

Testi consigliati

M. MASETTI, I. D'ANTONE, *Elettronica digitale*, Zanichelli.

F. LUCCIO e L. PAGLIAI, *Reti logiche e calcolatore*, Serie di Informatica, Bollati Boringhieri.

W.G. SPRUTH, *The Design of a Microprocessor*, Springer-Verlag.

ESPERIMENTAZIONI DI FISICA I**Docente:** A) Marina Caporaloni; B) Federico Palmonari**Tipo:** A) 60 ore di lezione + 60 ore di laboratorio di fisica;

B) 40 ore di lezione + 30 ore di laboratorio di programmazione

Crediti: 16**Esame:** orale; comprende la presentazione e discussione di:

- una relazione scritta su un esperimento di laboratorio;
- un programma in linguaggio FORTRAN funzionante su PC.

Scopo del corso: Il corso introduce gli studenti del primo anno alle tecniche di laboratorio e di analisi dei dati. È un corso annuale, in parallelo al corso di Fisica Generale. Si propone di abituare gli studenti ad un uso corretto degli strumenti di misura, a quantificare

le incertezze sperimentali, a usare correttamente la statistica per l'analisi dei dati, a scrivere programmi in linguaggio FORTRAN su PC.

Contenuto del corso: Elementi di base della metrologia. Sistema Internazionale di unità di misura e sue proprietà. Stima delle incertezze nelle misure sperimentali: fluttuazioni casuali ed effetti sistematici. Precisione e accuratezza di una misura. Combinazione delle incertezze nelle misure indirette. Il metodo sperimentale: formulazione di modelli e verifica delle ipotesi.

Pratica di laboratorio. Caratteristiche degli strumenti di misura. Strumenti manuali: uso di bilancia, metro, cronometri, termometri. Sistemi automatici di acquisizione dei dati: calibrazione ed uso di sensori on-line di temperatura, pressione, umidità (psicrometro), pioggia, velocità e direzione del vento. Misura di coordinate geografiche e del tempo UT con un sistema ricevente GPS.

Analisi statistica dei dati sperimentali. Elementi di base della probabilità. Variabili casuali. Funzioni di probabilità. Statistica delle incertezze casuali. Media e varianza. Intervalli di confidenza. Covarianza e coefficiente di correlazione. Medie pesate. Statistica binomiale e di Poisson. Criteri per il rigetto di un dato spurio. Metodi di 'best fit'. Test del chi-quadrato. Campioni ridotti e statistica di Student.

Elementi di programmazione. Struttura di un PC: CPU, memorie RAM e di massa, unità periferiche. Linguaggio macchina e linguaggi di programmazione ad alto livello. Il sistema operativo MS-DOS. Interpreti e compilatori. Il linguaggio FORTRAN 77. Struttura di un programma. Il set completo di istruzioni FORTRAN.

Organizzazione del laboratorio

Laboratorio di fisica. La frequenza è obbligatoria. I turni di lavoro, stabiliti all'inizio di ogni anno accademico, di norma si svolgono nei mesi di novembre-dicembre e marzo-aprile.

Laboratorio di programmazione. La frequenza è obbligatoria alle esercitazioni guidate che si svolgono di norma nei mesi di gennaio-febbraio ed aprile-maggio. Il resto dell'anno la frequenza è libera.

Testi consigliati

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

M. CAPORALONI et al., *La misura e la valutazione della sua incertezza nella fisica sperimentale*, Zanichelli, 1987.

A. MOOD et al., *Introduzione alla Statistica*, McGraw-Hill, 1988.

T.M.R. ELLIS, *Programmazione strutturata in FORTRAN 77*, Zanichelli, 1995.

C. CAPILUPPI, M. CAPORALONI, F. PALMONARI, *Guida al laboratorio di Esperimentazioni di Fisica I*, CUSL, 1994.

ESPERIMENTAZIONI DI FISICA II**Docente:** A) **Giorgio Matteucci**, B) **Federico Palmonari****Tipo:** Annuale, fondamentale, II anno

A) (65 ore di lezioni + 25 ore di Laboratorio di Fisica)

B) (20 ore di lezioni + 50 ore di Lab. di Programmazione)

Crediti: 14**Esame:** A) Prova scritta + esame orale; + (B) prova di programmazione.**Scopo del corso**

A) Dare le conoscenze di base dei fenomeni ondulatori mediante lo studio dei circuiti elettromagnetici, della strumentazione elettrica e di quella ottica.

B) Programmare in linguaggio Fortran applicazioni nel campo della statistica, della elaborazione dei dati e dei metodi di simulazione.

Contenuto del corso

A) Onde armoniche. Propagazione della luce. Ottica geometrica. Elementi di ottica ondulatoria: diffrazione, interferenza polarizzazione della luce. Elementi di ottica di Fourier. Circuiti in corrente continua ed alternata. Circuiti RLC serie e parallelo. Circuiti risonanti. Fenomeni transistori in circuiti RC, RL. Oscillazioni smorzate. Misure di corrente, tensione, resistenza. Tubi a vuoto. Oscilloscopio.

B) Applicazioni al calcolatore nella descrizione statistica dei dati. Variabili aleatorie e loro proprietà. Distribuzione uniforme, normale, binomiale, di Poisson, esponenziale, Gamma, di Cauchy-Lorentz. Metodi per la generazione di variabili casuali col calcolatore, generatore congruenziale lineare. Metodi di integrazione Monte Carlo.

Laboratorio:

A) Esecuzione di quattro o cinque prove pratiche sull'uso di strumentazione elettrica ed ottica.

B) Lo studente dovrà scrivere e far eseguire su PC un programma applicativo dei metodi di Monte Carlo ad algoritmi matematici o alla simulazione di processi fisici.

Testi consigliati*La fisica di Berkeley - Laboratorio 1, 2, 3*, Zanichelli, Bologna.G. CORTINI, S. SCIUTI, *Misure ed apparecchi di Fisica*, Libreria Veschi, Roma.J.A. EDMINISTER, *Electric Circuits*, Schaum's series, Mc Grow-Hill.A.M. MOOD, F.A. GRAYBILL, D.C. BOES, *Introduzione alla statistica*, Mc Grow-Hill, Libri Italia, Milano.F. JAMES, *Monte Carlo theory and practice*, CERN Preprint DD/80/6.

ESPERIMENTAZIONI DI FISICA III**Docente: Maurizio Basile****Tipo:** annuale, terzo anno, 70 ore di lezione, 40 ore di esercitazioni, 40 ore di laboratorio**Crediti:** 15**Esame:** scritto ed orale (è obbligatorio iscriversi in lista per la prova scritta)**Scopo del corso:**

A) Approfondire le conoscenze nel campo dei calcolatori elettronici (sia «hardware» sia «software») per applicazioni di tipo fisico.

B) Fornire una conoscenza di base nel campo dei dispositivi elettronici a semiconduttore e dell'elettronica digitale.

Contenuto del corso:

A) Programmazione. Richiami di sistemi numerici. Rappresentazione dei numeri in un calcolatore digitale. Codici numerici ed alfanumerici. Architettura di un calcolatore digitale: dal minicalcolatore al supercalcolatore, elaborazione sequenziale, vettoriale e parallela (SISD, SIMD, MIMD). Multiprogrammazione, multielaborazione e multitasking. Architetture CISC e RISC. Applicazioni di tipo fisico. Richiami di un linguaggio di programmazione scientifica (FORTRAN). Leggibilità, trasportabilità ed ottimizzazione del codice sorgente. Cenni sulla vettorizzazione. Compilazione, caricamento ed esecuzione di un programma. Generalità sui sistemi operativi e caratteristiche di UNIX. Reti di calcolatori.

Laboratorio: Almeno 10 sessioni di lavoro su «workstation» UNIX per analisi di dati sperimentali ed uso di tecniche di «best fit» e di rappresentazione grafica dei risultati.

B) Elettronica. Principi di base della fisica dei dispositivi a semiconduttore. Il diodo a giunzione: teoria e caratteristiche. Diodo Zener, diodo Tunnel, Fotodiodo, cella solare, L.E.D.. Circuiti a diodi. Retta di carico. Caratteristica dinamica. Caratteristica di trasferimento. Il transistor BJ: teoria e caratteristiche d'ingresso e di uscita (configurazioni CB e CE). Il transistor ad effetto di campo: JFET, MOSFET, MESFET integrati. Funzioni logiche e circuiti digitali: tavole di verità, algebra di Boole, mappe di Karnaugh, porte logiche fondamentali. Famiglie logiche: DTL, DCTL, RTL, TTL, ECL, MOS, CMOS. Logica cablata. Porte con uscita a collettore aperto e ad alta impedenza. Circuiti digitali combinatori: Semi-sommatore e sommatore completo. Addizione in parallelo ed in serie. Sottrattore. Comparatore. ALU. Controllo di parità. Decodificatore e demultiplexer. Multiplexer. Codificatore. ROM, PROM, EPROM, PAL, PLA. (Circuiti sequenziali di base: se il tempo lo permette).

Laboratorio: Cinque o sei prove pratiche per la misura delle caratteristiche di alcuni dispositivi a semiconduttore (diodi e transistori) e la realizzazione di alcuni sistemi digitali con circuiti integrati.

Testi consigliati

T.M.R. ELLIS, *Programmazione strutturata in FORTRAN77 con elementi di FORTRAN 90*, Zanichelli, Bologna.

S. LIPSCHUTZ, *Matematica di base per il calcolatore*, Collana SCHAUUM, Etas Libri.
M.G. SOBELL, *A practical guide to the UNIX System*, Ed. The Benjamin-Cummings Publishing Company Inc.
J. MILLMAN, *Circuiti e sistemi microelettronici*, Boringhieri.
M. MASETTI e I. D'ANTONE, *Elettronica digitale. Logica combinatoria e sequenziale*, Zanichelli, Bologna.
Copia delle note scritte delle lezioni è disponibile e consigliata per la prima parte del corso.

FISICA BIOMEDICA

Docente: Dante Bollini

Tipo: 80 ore di lezione, annuale, IV anno

Crediti: 14

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire le conoscenze fondamentali delle caratteristiche chimico-fisiche della materia organica e dei principi funzionali che definiscono la vita. Dare le informazioni generali necessarie per interpretare con modelli fisici la natura e l'interdipendenza fra «vivente e non-vivente». Definire l'impatto sull'ambiente naturale da parte di agenti fisici e studiarne la dinamica di propagazione. Illustrare le moderne applicazioni delle metodologie e delle tecniche fisiche più avanzate in campo medico a scopo diagnostico e terapeutico.

Contenuto del corso: Condizioni e basi chimico-fisiche della vita sulla terra e fondamenti della sua dinamica evolutiva. Omeostasi dei sistemi naturali e risposta alle sollecitazioni di origine antropica. Caratterizzazione e studio dell'azione diretta e indiretta degli agenti fisici di maggior rilievo sanitario. Agenti fisici naturali e artificiali: impatto sull'uomo e sull'ambiente. Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti e loro interazione con la materia vivente. Metodi e tecnologie fisiche applicate in diagnosi e cura. (Sono previsti seminari specialistici su molti degli argomenti trattati).

Testi consigliati

M. PELLICIONI, *Fondamenti fisici della radioprotezione*, 1990, Pitagora.

E.L. ALPEN, *Radiation biophysics*, Prentice Hall, 1990.

J.E. COGGLE, *Effetti biologici delle radiazioni*, Minerva Medica, 1985.

M. OBERHOFER, *Advances in radiation protection*, Kluwer Academic Publishers, 1991.

L. BRUZZI, *Prevenzione e controllo dell'impatto ambientale*, CLUEB, 1995.

FISICA COSMICA**Docente: Giorgio Giacomelli****Tipo:** semestrale, 40 ore di lezione, II semestre, IV anno**Crediti:** 7**Esame:** orale.

Scopo del corso: Aspetti sperimentali e teorici circa la natura, origine e propagazione dei Raggi Cosmici nella nostra Galassia. Nuove possibilità aperte dalla rivelazione di neutrini atmosferici, dal sole e da collassi gravitazionali. Si cerca di evidenziare l'interazione tra Astrofisica e Fisica delle Particelle Elementari.

Contenuto del corso: Cenni storici. Raggi Cosmici (RC) primari e secondari. Perdita di energia di particelle cariche. Generazione di sciame. Misure dirette ed indirette dei RC primari: palloni e satelliti, rivelatori di sciame estesi, rivelatori di muoni sottoterra. Modello di confinamento dei RC dal confronto tra le abbondanze chimiche nella Galassia e nei RC. L'orologio dei RC. Accelerazione dei RC sino a $E < 100$ TeV da parte di collassi gravitazionali (modello di Fermi). Ipotesi di oggetti galattici (pulsar) come sorgenti di RC con $E > 100$ TeV. I neutrini atmosferici: rivelazione sperimentali e discussione dei risultati. Possibilità di 'astronomia a neutrini'. Misura dei neutrini dal sole e confronto col Modello Solare Standard. Ricerca di Collassi Gravitazionali nella Galassia tramite rivelazione di burst di neutrini.

Testi consigliatiLONGAIR, M.S., *High Energy Astrophysics*, Cambridge University Press (2 Voll.), 1990.GAISSER, K.G., *Cosmic Rays and Particle Physics*, Cambridge University Press, 1993.KOSHIBA, M., *Observational neutrino Astrophysics*, Phys. Rep. 220 (1992), pp. 229.BEREZINSKY et al., *Astrophysics of Cosmic Rays*, North Holland, 1990.**FISICA DEI DISPOSITIVI ELETTRONICI****Docente: Gianni Zanarini****Tipo:** annuale diviso in due semestri (80 ore di lezione)**Crediti:** 14 (7+7)**Esame:** orale

Scopo del corso: Fornire una conoscenza della fisica e della tecnologia che stanno alla base del funzionamento e della costruzione dei dispositivi elettronici e dei circuiti integrati. Porre gli studenti in condizione di comprendere i nuovi sviluppi nella struttura e nella realizzazione dei dispositivi.

Contenuto del corso: Prima parte. Le bande di energia nei solidi. L'effetto Hall nei

semiconduttori. Elettroni e lacune. Mobilità, coefficiente di diffusione e massa efficace dei portatori di carica. Semiconduttori intrinseci ed estrinseci. Generazione e ricombinazione dei portatori di carica. I processi dinamici nei semiconduttori: le equazioni di continuità. Il trasporto di carica e l'esperienza di Haynes e Shockley. Le giunzioni p-n. Simulazione numerica della struttura a bande e del comportamento elettrico. Moltiplicazione a valanga ed effetto tunnel. I semiconduttori composti e le eterogiunzioni. Le strutture a bassa dimensionalità e i super-reticoli. Comportamento dinamico delle giunzioni. I transistori a giunzione. Le giunzioni metallo-semiconduttore. Le strutture metallo-isolante-semiconduttore. I transistori a effetto di campo. Le giunzioni p-n e l'emissione optoelettronica. I laser a semiconduttori. I rivelatori di radiazioni a semiconduttori. Le celle solari.

Seconda parte. Il processo planare. La preparazione dei monocristalli. L'epitassia da fasci molecolari. L'ossidazione, la diffusione, l'impianto ionico, la metallizzazione. La simulazione di processo. La realizzazione delle maschere e la fotolitografia. Il CAD nel progetto dei circuiti integrati. Le prospettive tecnologiche e i problemi fisici posti dalla riduzione delle dimensioni.

Il Corso è completato da esercitazioni al computer su programmi di simulazione relativi al comportamento elettrico delle strutture, ai processi fondamentali della tecnologia dei circuiti integrati, al progetto delle maschere e dei processi di fabbricazione dei circuiti stessi e all'analisi circuitale.

Testi consigliati

P. BHATTACHARYA, *Semiconductor Optoelectronic Devices*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1994.

D.L. PULFREY, N. GARRY TARR, *Introduction to Microelectronic Devices*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1989.

G. SONCINI, *Tecnologie microelettroniche*, Boringhieri, Torino, 1986.

A.P. SUTTON, *Electronic Structure of Materials*, Clarendon Press, Oxford, 1993.

S.M. SZE, *VLSI Technology*, Mc Graw Hill, New York, 1988.

FISICA DEI MATERIALI

Docente: Ennio Bonetti

Tipo: semestrale, 40 ore di lezioni

Crediti: 7

Esame: orale

Contenuto del corso: Classificazione dei materiali. Materiali strutturali e funzionali. I materiali intelligenti. Selezione e/o sintesi dei materiali per applicazioni tecnologiche in base alle loro proprietà fisiche.

La fisica nello sviluppo dei nuovi materiali. La struttura dei materiali: metalli, semiconduttori, ceramici, polimeri, minerali. Ricette di sinergia e composizione: materiali

e sistemi compositi. Materiali a microstruttura e proprietà fisiche non omogenee.

Le moderne teorie elettroniche nello studio delle proprietà fisiche di sistemi metallici e leghe. Coesione e proprietà meccaniche da principi primi.

Il concetto di ordine nella fisica dei materiali. Ordine elettronico atomico strutturale. Ordine a corto e lungo raggio. Ordine e stabilità di fase. Applicazioni.

Proprietà fisiche dei materiali e dimensionalità. Effetti dimensionali su proprietà magnetiche, superconduttive, ottiche e meccaniche. Effetti quantistici dimensionali. Sintesi di nuovi materiali con proprietà dimensionali: aggregati, films ultrasottili e multistrato, materiali granulari e massivi nanofasici.

Cenni alle nuove metodologie di sintesi dei materiali per applicazioni tecnologiche avanzate. Prospettive.

FISICA DEI METALLI

Docente: Ruggero Tognato

Tipo: 80 ore di lezione, annuale, IV anno

Crediti: 14

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire i principi di base delle relazioni tra simmetrie e proprietà fisiche dei cristalli. Approfondire lo studio sui fenomeni cooperativi nei solidi.

Contenuto del corso:

1) Simmetrie e proprietà fisiche. Elementi di simmetria dei sistemi cristallini. Traslazioni. Gruppi puntuali. Gruppi spaziali. Tensori. Onde elastiche nei cristalli. Reticoli reciproci. Potenziali di coppia.

2) Proprietà collettive nei solidi. Trasformazioni di fase. Energie di coesione. Termodinamica statistica delle proprietà di equilibrio dei cristalli. Interpretazione statistica della diffusione. Superfici.

Testi consigliati

G. BURNS e A.M. GLAZER, *Space Groups for Solid State Scientists*, Academic Press.

J.F. NYE, *Physical Properties of Crystals*, Clarendon Press.

L.A. GIRIFALCO, *Statistical Physics of Materials*, J.Wiley and Sons.

R.H. BUBE, *Electrons in Solids*, Academic Press.

FISICA DELL'ATMOSFERA**Docente: Rolando Rizzi****Tipo:** 80 ore di lezione, IV anno**Crediti:** 14**Esame:** orale**Contenuto del corso:**

Caratteri generali: Origine e composizione dell'atmosfera terrestre; distribuzione delle masse atmosferiche e gas costituenti; andamento dell'ossigeno e dell'anidride carbonica; andamento della temperatura, pressione e densità. I venti nell'atmosfera terrestre.

Trasferimenti radiativi: Lo spettro della radiazione solare; assorbimento ed emissione di radiazione, la radiazione di corpo nero, leggi di Kirchhoff, Planck, Stefan-Boltzmann e Wien; flusso radiante e irradianza, assorbimento atmosferico della radiazione solare; l'albedo; la temperatura sulla Terra, contributo dell'atmosfera nel bilancio energetico globale. Fenomeni radiativi in atmosfera; l'effetto serra e sua influenza sulla variazione della T del pianeta.

La circolazione generale: La circolazione atmosferica indotta dal riscaldamento solare; influenza della rotazione (forza di Coriolis e vento geostrofico); celle convettive e circolazione delle medie latitudini; convergenza e divergenza (alte e basse pressioni); onde di Rossby e di Bjerknes; le condizioni di stazionarietà e di blocco atmosferico. Instabilità convettiva, barotropica e baroclina. Meteorologia sinottica: nascita e movimento delle superfici frontali; i cicloni extratropicali; andamento dei venti sinottici e di perturbazione; mappe meteorologiche e analisi descrittiva di situazioni di tempo atmosferico. I modelli numerici di previsione.

Termodinamica atmosferica: La legge dei gas; la temperatura virtuale. L'equazione idrostatica; il geopotenziale; altezza di scala ed equazione ipsometrica; osservazioni sull'altezza della tropopausa, la pressione ridotta a livello del mare. La prima legge della termodinamica; legge di Joule; calori specifici, entalpia. Il calore latente; processi adiabatici e pseudoadiabatici, la temperatura potenziale. Il vapor d'acqua nella troposfera; concetto di stabilità statica. La seconda legge della termodinamica; il ciclo di Carnot; l'entropia; l'equazione di Clausius-Clapeyron. Funzioni termodinamiche e condizioni di equilibrio.

Dinamica atmosferica: Sistemi di coordinate; componente zonale, meridionale e verticale della velocità. Forze apparenti in un sistema di coordinate rotanti; gravità e gravità effettiva; la forza di Coriolis. Forze reali su una particella d'aria in movimento; il gradiente di pressione; la frizione. L'equazione orizzontale del moto; vento geostrofico e quasi-geostrofico; l'incidenza dello strato limite planetario. Il vento di gradiente; condizioni supergeostrofiche e bilancio ciclostrofico. L'equazione del moto verticale: equazione prognostica ed equazione diagnostica. La relazione di vento termico. Atmosfera barotropica ed atmosfera barotropica equivalente. Vento termico in condizioni barocline; avvezione calda e avvezione fredda; backing e veering. Equazione prognostica per l'energia termodinamica; la variazione locale della temperatura. L'equazione di continuità; l'analisi di situazioni di convergenza e divergenza; determinazione della velocità cinematica verticale. Divergenza orizzontale; diffluenza e confluenza. L'equazione della pressione

tendenziale. Le equazioni primitive: seconda legge di Newton, l'approssimazione idrostatica, la conservazione dell'energia e la conservazione della massa.

Uso dei modelli meteorologici numerici: L'analisi operativa; l'assimilazione dei dati. Le equazioni primitive in vari sistemi di coordinate; la griglia orizzontale e i metodi alle differenze finite; generalità sui vari modelli; le parametrizzazioni fisiche. Principi della post-elaborazione dinamica; la statistica delle previsioni; applicazioni della catena previsionale operativa. La radar-meteorologia.

Elementi di Climatologia: Il sistema climatico; il ruolo del vapore d'acqua. I modelli di clima: radiativo-convettivo, bilancio energetico, circolazione generale, i modelli regionali; loro limiti e validità. Il ciclo dell'anidride carbonica e degli altri gas di serra; loro ruolo nella troposfera; l'andamento della temperatura. I monsoni e la cella di Walker. Le fluttuazioni climatologiche; l'oscillazione quasi biennale (QBO). Le variazioni interannuali: il fenomeno El Nino (ENSO) e suo impatto sul clima mondiale.

Testi consigliati

J.M. WALLACE, P.V. HOBBS, *Atmospheric Science*, Academic Press.

FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI

Docente: Giorgio Giacomelli

Tipo: 70 ore di lezione, annuale, IV anno

Crediti: 14

Esame: orale

Contenuto del corso

Le particelle elementari e le loro interazioni. Raggi cosmici. Acceleratori di particelle. Rivelatori di particelle. Le particelle in foto di camere a bolle e in grandi apparati al LEP. Alcuni esperimenti fondamentali della fisica delle particelle elementari. Fermioni e bosoni. Interazioni forti, elettromagnetiche e deboli. Principi di invarianza e leggi di conservazione. Parità, coniugazione di carica, inversione del senso del tempo. Trasformazioni di gauge. Teoria non relativistica dell'urto. Stati legati e risonanze. Le risonanze. Lo spin isotopico e le simmetrie unitarie. Classificazione delle particelle e delle risonanze. Interazioni adroniche a bassa ed alta energia. Urto leptone-nucleone. Funzioni di struttura e di frammentazione. Elementi di elettrodinamica quantistica. L'interazione debole. Urti e+e- ad alta energia. Elementi della teoria "standard" delle interazioni elettrodeboli e forti. Confronto con gli esperimenti. Cenni sulle teorie unificate

Testi consigliati

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

D.H. PERKINS, *Introduction to High Energy Physics*, II ed., Addison Wesley Publishing Company Inc.

FISICA DELLO STATO SOLIDO**Docente: Ennio Bonetti****Tipo:** 80 ore di lezione, annuale, IV anno**Crediti:** 14**Esame:** orale**Contenuto del corso:**

Parte A: La materia condensata: Ordine e disordine nella materia condensata. Ordine elettronico. I solidi cristallini e amorfi: modelli strutturali. Metodi sperimentali di indagine strutturale. Classificazione dei solidi: legame molecolare, covalente, ionico.

Lo stato metallico: Modelli di Drude e Sommerfeld. Proprietà di trasporto nel modello a elettrone libero.

Elettroni in un potenziale periodico: Stati di Bloch. Teorema di Bloch. Struttura a bande. Elettroni in un potenziale periodico debole: teoria perturbativa. Stati degeneri. Livelli di energia in prossimità di un piano di Bragg. Superficie di Fermi e zone di Brillouin. Elettroni fortemente legati. Cenni ai metodi di calcolo della struttura a bande. Metodi sperimentali per la determinazione della superficie di Fermi. Limiti dell'approssimazione a elettrone indipendente. Le equazioni di Hartree. Effetti di schermaggio. La funzione dielettrica. Superfici: la funzione lavoro. Emissione termoionica. Livelli elettronici superficiali.

Il reticolo dinamico. Limiti del modello a reticolo statico. Il cristallo armonico. Modi di vibrazione reticolare e approssimazione del continuo elastico. La legge di Hooke. Fononi. Spettri fononici per reticoli mono e poliatomici. Statistiche fononiche. Calori specifici. Approssimazione adiabatica. Schemi di interpolazione di Debye e Einstein. Conducibilità termica. Effetti anarmonici. Espansione termica. Costante di Gruneisen. Interazioni fononiche.

Proprietà dielettriche degli isolanti: Campo locale. Polarizzabilità. Proprietà ottiche dei cristalli ionici. Ferroelettricità. Magnetismo nei solidi: Generalità. DiaParamagnetismo. Ferromagnetismo. Struttura e ordine magnetico. Metodi di indagine delle proprietà magnetiche.

Superconduttività: Temperatura critica. Effetto Meissner. L'equazione di London. Struttura e predizioni della teoria BCS. Quantizzazione del flusso. L'effetto Josephson. Gli ossidi superconduttori ad alta temperatura critica. Metodi sperimentali di indagine.

Parte B: Solidi ideali e solidi reali: Microstruttura e fasi. Disordine debole e forte nelle strutture cristalline. Difetti di punto. Diffusione. Considerazioni termodinamiche. Centri colore. Polaroni. Eccitoni. Dislocazioni. Resistenza e duttilità di un solido cristallino. Strutture difettive complesse. Metodi sperimentali per l'indagine dei difetti strutturali.

Testi consigliati

C. KITTEL, *Introduction to Solid State Physics*, 6 ed., J. Wiley, 1986.

N.M. ASHCROFT, N.D. MERMIN, *Solid State Physics*, Holt-Saunders, 1976.

FISICA GENERALE I**Docente: Attilio Forino****Tipo:** annuale; 100 ore di lezione, 40 di esercizi**Crediti:** 14**Esame:** scritto ed orale

Scopo del corso: Illustrare i fondamenti della meccanica newtoniana e le principali applicazioni, le basi della termodinamica dei processi di equilibrio e i principi della Relatività Ristretta.

Contenuto del corso:

Meccanica: Cinematica. Dinamica del punto materiale. Dinamica dei sistemi di punti materiali. Lavoro, forze conservative, energia. Gravitazione: moto Kepleriano. Meccanica del continuo: elasticità. Fluidostatica e fluidodinamica. Oscillazioni ed onde.

Termodinamica: Termometria. Il principio zero della termodinamica. Equazioni di stato dei gas perfetti e reali. Calorimetria. Primo principio ed energia interna. Applicazioni del primo principio. Secondo principio ed entropia. Applicazioni del secondo principio. Funzioni di stato. Elementi di teoria cinetica dei gas.

Relatività ristretta: Fondamenti. Trasformazioni di Lorentz. Cinematica: dilatazione dei tempi, contrazione delle lunghezze, composizione delle velocità. Dinamica: espressioni relativistiche della quantità di moto e dell'energia. Equivalenza massa-energia.

Testi consigliatiR. RESNICK, D. HALLIDAY, K. S. KRANE, *Fisica I*, CEA, Milano, 1993.D. G. GIANCOLI, *Fisica I*, CEA, Milano, 1992.R. A. SERWAY, *Fisica*, II ediz. Vol. 1, EdiSES, Napoli, 1995.**FISICA GENERALE II****Docente: Antonio Rossi****Tipo:** 90 ore di lezioni, 40 di esercitazioni, annuale, II anno**Crediti:** 12**Esame:** scritto e orale

Scopo del corso: Il corso è una introduzione alla Eletticità, al Magnetismo e all'Optica.

Contenuto del corso: Campi elettrici statici: la legge di Coulomb, il campo elettrico, il teorema di Gauss, il potenziale elettrico, le equazioni di Laplace e di Poisson, conduttori in campi elettrostatici, campi elettrici nella materia, la energia elettrostatica. Correnti e circuiti: la legge di Ohm, la legge di Joule, la forza elettromotrice, le leggi di

Kirchhoff. Campi magnetici statici: il campo magnetico B , spire di corrente in campi magnetici, la legge di Biot e Savart, la legge della circuitazione magnetica di Ampere, il potenziale vettore. Campi magnetici nella materia: intensità di magnetizzazione M , il vettore H , materiali diamagnetici, paramagnetici e ferromagnetici, circuiti magnetici, elettromagnetici e magneti permanenti. Cenni sulle correnti elettriche nei gas. Induzione elettromagnetica: legge generale dell'induzione elettromagnetica, auto e mutua induzione, energia magnetica, le leggi dell'elettromagnetismo. Relatività ed elettromagnetismo: la relatività delle forze elettrica e magnetica, le trasformazioni dei campi elettrici e magnetici, campi generati da cariche in moto uniforme, effetto Doppler e aberrazione. Circuiti in corrente alternata: circuito RLC in fase transitoria, circuiti RL, RC, LC, RLC; cenni su circuiti e reti in corrente alternata, potenza dissipata. Le equazioni di Maxwell e le onde elettromagnetiche: la corrente di spostamento, le equazioni di Maxwell, onde elettromagnetiche, conservazione della energia e vettore di Poynting, quantità di moto e momento angolare del campo elettromagnetico, potenziali del campo elettromagnetico, radiazione da un dipolo oscillante. Unità di misura. Dispersione: velocità di fase e velocità di gruppo, la velocità della luce, la propagazione di onde elettromagnetiche nei dielettrici, l'indice di rifrazione, dispersione normale e anomala, propagazione di onde in materiali conduttori. Riflessione e rifrazione delle onde elettromagnetiche: relazioni di Fresnel per le ampiezze di onde polarizzate linearmente, riflettanza e trasmittanza, angolo di Brewster, angolo critico e riflessione totale. Interferenza e diffrazione: il principio di Huygens, interferenza fra sorgenti coerenti, sorgenti puntiformi e sorgenti estese, condizioni di coerenza, diffrazione di Fraunhofer e di Fresnel, diffrazione da una e da due fenditure, reticolo di diffrazione. Polarizzazione: polarizzazione rettilinea, circolare, ellittica, produzione di onde trasversali polarizzate, doppia rifrazione, lamine di ritardo, attività ottica. Ottica geometrica: superficie sferiche e approssimazione parassiale, specchi, diottri, lenti; costruzione delle immagini, cenni sugli strumenti ottici semplici e composti.

Testi consigliati

C. MENCUCCINI, V. SILVESTRINI, *Fisica II*, Liguori, Napoli.

G. GIACOMELLI, L. GREGORINI, *Fisica Generale*, La Nuova Italia Scientifica.

E. PURCELL, *La Fisica di Berkeley. Eletticità e Magnetismo*, Zanichelli.

R. FEYNMAN, R. LEIGHTON, M. SANDS, *La Fisica di Feynman*, Voll. 1, 2, Masson.

FISICA MATEMATICA

Docente: Francesco Mainardi

Tipo: 100 ore di lezioni incluse 20 ore di esercitazioni integranti, IV anno

Crediti: 14 (annuale); 7 (semestrale).

Esame: orale

Scopo del corso: Il corso, ad orientamento matematico, può essere suddiviso in due parti. La prima parte, di carattere propedeutico, intende fornire una conoscenza di base della

Meccanica dei Continui e della Teoria Lineare della Diffusione e della Propagazione di Onde. La seconda parte, di carattere avanzato, concerne alcuni modelli matematici connessi a problemi di evoluzione «non lineari» e/o «ereditari» in Fluidodinamica. Il corso è inserito ufficialmente nella lista dei corsi (annuali e semestrali) dell'indirizzo teorico-generale. Esso può essere consigliato anche per l'indirizzo geofisico-fluido, ma in questo caso lo studente interessato deve presentare un piano di studi individuale.

Contenuto del corso:

I parte: Principi generali ed equazioni costitutive in Meccanica dei Continui. Elasticità e Viscoelasticità lineari. Fluidodinamica: equazioni di Eulero e di Navier-Stokes. Teoria lineare della diffusione e delle onde dispersive.

II parte: Metodi asintotici, Funzioni speciali e Calcolo frazionario. Equazioni di evoluzione di tipo frazionario. Onde iperboliche ed urti. Equazione di Burgers. Equazione di Korteweg - de Vries: Solitoni. Processi stocastici per diffusione normale ed anomala.

Testi consigliati

C.M. BENDER and S.A. ORSZAG, *Advanced Mathematical Methods for Scientists and Engineers*, McGraw-Hill, 1987.

W. FELLER, *An Introduction to Probability Theory and Its Applications*, Voll. I, II, Wiley, 1971.

A.L. FETTER and J.D. WALECKA, *Theoretical Mechanics of Particles and Continua*, McGraw-Hill, 1980.

F. MAINARDI, *Appunti vari in dispense*, Dip. Fisica, Bologna.

G. B. WHITHAM, *Linear and Nonlinear Waves*, Wiley, 1974.

Note per lo studente: Il corso potrà essere integrato con seminari di Professori Visitatori e con simulazioni al Personal Computer.

FISICA NUCLEARE

Docente: Mirko Savoia

Tipo: 80 ore di lezioni, annuale, IV anno

Crediti: 14

Esame: orale

Contenuto del corso:

1. Proprietà generali dei nuclei. Gli esperimenti di Rutherford con particelle alfa e la struttura dell'atomo. Il nucleo atomico: massa e carica. I costituenti del nucleo: neutroni, protoni, quarks. Nuclei stabili e nuclei instabili: costanti di decadimento. vite medie, attività. Distribuzione della carica e della massa nei nuclei: raggi nucleari. Energia di legame dei nuclei e formula semiempirica di massa. Spin e parità degli stati nucleari. Dipolo magnetico e quadrupolo elettrico . Deformazione.

2. *Sistemi di due nucleoni e forze nucleari.* Parità, spin e spin isotopico per un sistema di due nucleoni. Proprietà di simmetria degli stati di due nucleoni. Il deutone con forze centrali. Dipendenza dell'interazione nucleare dallo spin e dallo spin isotopico. Ipotesi di indipendenza dalla carica dell'interazione nucleare, invarianza isotopica e multipletti di spin isotopico. I momenti di dipolo magnetico e di quadrupolo elettrico del deutone e le componenti non centrali dell'interazione nucleare. I principi di invarianza e simmetria e la forma generale dell'interazione nucleare. Diffusione elastica neutrone-protone (n-p) e formalismo degli sfasamenti. La diffusione n-p in onda S, lunghezza di diffusione e raggio efficace. Diffusione coerente di neutroni da parte di molecole di idrogeno. Diffusione elastica protone-protone alle basse energie. Diffusione elastica n-p e p-p alle alte energie. Le forze di scambio e la barriera repulsiva. Effetti di polarizzazione nella diffusione n-p e p-p alle alte energie. Forze dipendenti dalla velocità. La teoria di Yukawa delle forze nucleari e l'OPEP.

3 *Modelli nucleari.* Il modello a gas di Fermi. La materia nucleare infinita e le condizioni di saturazione. Il modello a coppie indipendenti e l'equazione di Bethe-Goldstone. Il modello a shell: numeri magici, spin e momenti magnetici, mescolamento delle configurazioni e interazione residua, pairing. Il modello collettivo vibrazionale. Fononi. Spettri vibrazionali. Il modello collettivo rotazionale. Bande rotazionali. Stretching e backbending. Accoppiamento di Coriolis.

4 *Reazioni Nucleari.* Energie di risonanza e formule di Breit-Wigner. Il nucleo composto e l'ipotesi di Bohr. Sovrapposizione delle risonanze. Reazioni dirette. La fissione nucleare. Energia di attivazione, distribuzione delle masse dei prodotti di fissione, neutroni pronti e neutroni ritardati, effetti del pairing. Reazioni a catena e reattori termici: il rallentamento dei neutroni; il fattore di moltiplicazione. La fusione nucleare.

Testi consigliati

K.S. KRANE, *Introductory Nuclear Physics*, John Wiley Sons.
S.S.M. WONG, *Introductory Nuclear Physics*, Prentice-Hall International.
R.R. ROY, B.P. NIGAM, *Nuclear Physics*, John Wiley Sons.
B.L. COHEN, *Concepts of Nuclear Physics*, McGraw-Hill.
E. SEGRE, *Nuclei e particelle*, Zanichelli.

FISICA SUBNUCLEARE

Docente: Antonino Zichichi

Tipo: 150 ore di lezioni ed esercitazioni, IV anno

Crediti: 14

Esame: orale

Contenuto del corso: Le origini. Le unità naturali e l'universo di Planck. Concetti fondamentali. Formalismo matematico indispensabile. Il principio di gauge. Le forze elettromagnetiche, ovvero i fenomeni prodotti dalle forze che nascono da una sola

carica: QED. Le forze deboli, ovverosia i fenomeni prodotti dalle forze che nascono da due cariche fondamentali: QFD. Le forze di colore subnucleare, ovverosia i fenomeni prodotti dalle forze che nascono da tre cariche fondamentali: QCD. L'unificazione delle forze fondamentali della natura. Supersimmetria globale e locale. La Supergrand Unification: TOE. Riepilogo e conclusioni.

Testi consigliati

Gauge interactions: theory and experiment, Erice, 1982, A. Zichichi Ed., Plenum Press, New York and London, 1984.

Quarks, leptons and their constituents, Erice, 1984, A. Zichichi Ed., Plenum Press, New York and London, 1988.

The superworld III, Erice, 1988, A. Zichichi Ed., Plenum Press, New York and London, 1990.

Physics at the highest energy and luminosity: to understand the origin of mass, Erice, 1991, A. Zichichi Ed., Plenum Press, New York and London, 1991.

From superstrings to the real superworld, Erice, 1992, A. Zichichi Ed., World Scientific, Singapore, New Jersey, London and Hong Kong.

A. ZICHICHI, *Fisica subnucleare*, 1996 (in corso di stampa).

FISICA SUPERIORE

Docente: Carlo Pellacani

Tipo: 80 ore di lezione, IV anno

Crediti: 14

Esame: orale

Contenuto del corso:

Parte prima:

- Sistemi fisici elementari e non linearità.
- Attrattori, bacini di attrazione.
- Mappe iterate, punti fissi, orbite.
- Biforcazioni elementari e di Hopf.
- Scenario di Figenbaum.
- Attrattori caotici.
- Coefficienti di Lyapunov e predicibilità.
- Estensione ai sistemi di equazioni differenziali.
- Accenni alla frattalità.

Parte seconda:

- Predicibilità ed informazione.
- Equazioni di campo e loro troncamento.
- Metodo di Galerkin.
- Equazioni Master e di Fokker-Plank.

- Stabilità strutturale e trasversalità.
- Teoria delle catastrofi (brevi cenni).
- Teoremi di immersione di Whitney e Takens.
- Informazione reciproca.
- Applicazioni del teorema di immersione.

FISICA TEORICA

Docente: Roberto Odorico

Tipo: 80 ore di lezione, suddivise in I e II semestre, IV anno

Crediti: 16

Esame: orale

Scopo del corso. Fornire una conoscenza della trattazione quantistica relativistica per le interazioni elettromagnetiche dell'elettrone e di altre particelle di spin un mezzo, tale da permettere il calcolo delle relative sezioni d'urto agli ordini perturbativi dominanti e degli effetti di irraggiamento multiplo alle alte energie. E' fatto cenno alle modificazioni che intervengono per altri tipi di interazione. Le necessarie conoscenze di Teoria della Relatività e di Elettromagnetismo Classico vengono sviluppate nella prima parte del corso; per gli studenti interessati solo alla seconda parte, esse possono essere apprese in altri corsi.

Contenuto del corso

Parte prima. Proprietà delle trasformazioni relativistiche dello spin delle particelle elementari. Gradi di libertà non-orbitali e spin delle particelle elementari. Gruppi di trasformazioni continue. Loro rappresentazioni e generatori. Equazioni di Maxwell per il potenziale vettore elettromagnetico. Trasformazioni di Lorentz come gruppo di invarianza per le equazioni di Maxwell. Cinematica e dinamica classica relativistiche. Trasformazioni relativistiche degli stati di spin (Wigner). Introduzione e proprietà generali dell'equazione relativistica di Dirac per l'elettrone libero; suo limite non relativistico; momento magnetico anomalo.

Parte seconda. Calcolo relativistico delle sezioni d'urto elettromagnetiche relative a particelle di spin un mezzo. Caratteristiche dell'equazione di Dirac e sue soluzioni libere. Proiettori dell'energia e dello spin. Teoria delle lacune. Positrone, coniugazione di carica. Propagatore fermionico. Approssimazione perturbativa. Diffusione di elettroni da un campo Coulombiano. Fotone. Diffusione Compton. Produzione e annichilazione di coppie elettrone-positrone. Diffusione elettrone-muone ed elettrone-elettrone. Diagrammi e regole di Feynman. Sezioni d'urto. Cenni sulla teoria della rinormalizzazione per le divergenze ultraviolette e sulla cancellazione delle divergenze infrarosse. Irraggiamento multiplo trattato nell'approssimazione dei logaritmi dominanti. Fattore di forma di Sudakhov. Calcoli sugli effetti di irraggiamento con tecniche analitiche e numeriche (metodo di Monte Carlo).

Testi Consigliati.

J.D. BJORKEN, S.D. DRELL, *Relativistic Quantum Mechanics*, McGraw Hill

E.P. WIGNER, *Relativistic Invariance and Quantum Phenomena*, Reviews of Modern Physics, vol. 29, p. 255-268 (1957)

V.N. BAIER, V.S. FADIN, V.A. KHOZE, *Quasi-Real Electron Method in High Energy Quantum Electrodynamics*, Nuclear Physics, vol. B65, p. 381-396 (1973)

P. KESSLER, *Sur une Methode Simplifie de Calcul pour le Processus Relativistes en Electrodynamique Quantique*, Nuovo Cimento, vol. 53, p. 809-829 (1960)

J.M. HAMMERSLEY, D.C. HANDSCOMB, *Monte Carlo Methods*, Methuen & Co. Ltd., London

FISICA TERRESTRE

Docente: Paolo Baldi

Tipo: semestrale, 40 ore di lezione, II semestre, IV anno

Crediti: 7

Esame: orale

Scopo del corso: Descrivere alcuni metodi di indagine geofisica del sottosuolo, con illustrazione della strumentazione, delle modalità di utilizzo della stessa e delle metodologie di analisi ed interpretazione dei dati. Fanno parte integrante del corso esercitazioni pratiche consistenti in prospezioni di vario tipo ed elaborazione dei dati relativi.

Contenuto del corso: Prospezione gravimetrica: rappresentazione del campo di gravità in armoniche sferiche, campo normale, anomalie di gravità. Struttura spazio-temporale del campo di gravità. Effetti mareali. I gravimetri. Rilievi gravimetrici. Interpretazione delle anomalie di gravità. Il campo magnetico terrestre: proprietà magnetiche delle rocce, variazioni temporali, equazione di Laplace, rappresentazione del c.m.t. in armoniche sferiche. Strumentazione, metodologie di misura ed interpretazione. Misure geoelettriche ed elettromagnetiche: resistività delle rocce, potenziale in mezzi omogenei, metodologie di misura ed interpretazione. Metodo dei potenziali spontanei, metodo tellurico e magnetotellurico.

Testi consigliati

H.R. BURGER, *Exploration Geophysics*, Prentice Hall, 1992.

A. NORINELLI, *Elementi di Geofisica Applicata*, Patron, Bologna, 1982.

W.M. TELFORD, L.P. GLEDART, R.E. SHERIFF, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, 1990.

W. TORGE, *Gravimetry*, Walter de Gruyter, New York, 1989.

GEODESIA**Docente: Susanna Zerbini****Tipo:** 60 ore di lezioni, 25 ore di esercitazioni pratiche, IV anno**Crediti:** 14**Esame:** scritto (prova pratica) e orale**Contenuto del corso:**

Prima parte (fruibile come semestrale)

- Cenni introduttivi: Origini storiche - Relazione tra geodesia ed altre discipline.
- Il campo di gravità terrestre: Potenziale gravitazionale di una terra a simmetria sferica - Proprietà del potenziale gravitazionale - Accelerazione centrifuga, potenziale centrifugo - Accelerazione di gravità, potenziale della gravità - Definizione e proprietà delle superfici equipotenziali - Rappresentazione analitica delle superfici equipotenziali - Il gradiente della gravità - Sviluppo in armoniche sferiche del potenziale gravitazionale - Variazioni temporali del campo di gravità - Determinazione del campo di gravità dall'analisi di osservazioni di satelliti artificiali.
- Sistemi di riferimento: Sistema globale cartesiano, moto del polo - Sistema globale astronomico - Il geoide - Sferoidi ed ellipsoidi di rotazione - L'ellissoide terrestre - Ellissoide e geoide, coordinate geografiche - La geometria dell'ellissoide di rotazione.
Seconda parte
- Tecniche di misura in Geodesia Spaziale: Moto imperturbato e perturbato di un satellite artificiale - Satelliti artificiali - Misure di direzione - Misure Doppler - Misure telemetriche laser con satelliti artificiali - Misure telemetriche laser alla Luna - Telemetria laser da piattaforma spaziale - Misure di radar altimetria - Very Long Baseline Interferometry (VLBI) - Global Positioning System (GPS) ed altre tecniche a microonde - Misure gradiometriche.
- Metodi della Geodesia Spaziale: Equazioni alle osservazioni - Metodo geometrico - Metodo dinamico - Combinazione di metodi dinamici e geometrici - Analisi dell'altimetria da satellite.

Testi consigliatiI.I. MUELLER e S. ZERBINI, *The Interdisciplinary Role of Space Geodesy*, Springer-Verlag.A.E.ROY, *Orbital Motion*, Adam Hilger Ltd., BristolG. SEEBER, *Satellite Geodesy*, deGruyterW. TORGE, *Geodesy*, deGruyter.P. VANICEK e E. KRAKIWSKY, *Geodesy*, North-Holland Publishing Co.**Note per lo studente:** Fanno parte integrante del corso esercitazioni pratiche che prevedono l'utilizzo di ricevitori satellitari GPS.

GEOFISICA**Docente: Maurizio Bonafede****Tipo:** 80 ore di lezione, annuale, IV anno**Crediti:** 14**Esame:** orale

Scopo del corso: Fornire agli studenti del Curriculum di Geofisica e Fisica dell'Ambiente le nozioni fenomenologiche e teoriche di base per la conoscenza del pianeta Terra, della sua formazione, evoluzione e dinamica attuale.

Contenuto del corso: Teorie sull'origine del sistema solare e cenni sulla formazione e differenziazione dei pianeti. Struttura interna della Terra e struttura verticale di Atmosfera e oceani. Teoria della Tettonica a Placche: principali evidenze sperimentali. Meccanica dei continui. Relazioni costitutive per solidi elastici, fluidi viscosi, materiali viscoelastici, mezzi porosi. Equazioni di Cauchy-Navier e leggi di conservazione. Onde elastiche rotazionali e irrotazionali. Dinamica dei fluidi geofisici. Le equazioni di Navier-Stokes in sistemi rotanti, approssimazioni per strati fluidi sottili, flussi geostrofici, modi normali in mezzi stratificati, regimi di alta e bassa frequenza nelle equazioni di shallow water, influenza della rotazione sulle onde di gravità, onde di Rossby. Stato termico della Terra. Geoterme continentali e oceaniche. Topografia isostatica dei fondali oceanici. Instabilità termica in fluidi viscosi: convezione di Benard, convezione in mezzi porosi saturi. Instabilità gravitativa: problema di Rayleigh-Taylor. Meccanica della frattura. Il Campo di Gravità. Il potenziale gravitazionale e il suo sviluppo in armoniche sferiche, il geoide e l'ellissoide di riferimento, le correzioni in aria libera e di Bouguer. Anomalie del geoide e modelli di compensazione isostatica. Geomagnetismo. Il campo magnetico terrestre e il suo sviluppo in armoniche sferiche, variazioni diurne e secolari. Origine del campo geomagnetico: modelli elementari di dinamo e cenni di magneto-idrodinamica. Proprietà magnetiche delle rocce e paleomagnetismo. Classificazione delle faglie, leggi di attrito e Teoria di Anderson. Teoria delle dislocazioni elastiche.

Testi consigliati

Non esiste un testo che tratti tutti gli argomenti del corso. Si ritiene tuttavia di indicare i seguenti testi di riferimento, nei quali è possibile reperire la maggior parte degli argomenti svolti.

D. L. TURCOTTE, G. SCHUBERT, *Geodynamics*, J. Wiley & Sons, 1982.

Y. C. FUNG, *Foundations of solid mechanics*, Prentice Hall, 1965.

P. K. KUNDU, *Fluid Mechanics*, Academic Press, 1990.

J. A. JACOBS, *Geomagnetism*, Academic Press, 1987.

GEOMETRIA**Docente:** Natalia Baldisserrì**Tipo:** 75 ore di lezione + 70 ore di esercitazioni**Crediti:** 15**Esame:** prova scritta e prova orale (l'elaborato scritto è valido per gli appelli della sessione in corso)**Scopo del corso:** Fornire gli strumenti dell'algebra lineare e della geometria analitica.**Contenuto del corso:** Insiemi e corrispondenze. Definizioni e prime proprietà di gruppi e campi. Numeri complessi ed equazioni algebriche. Vettori nello spazio ordinario. Spazi vettoriali su un campo. Dipendenza lineare, basi, dimensione. Matrici: rango, operazioni fra matrici, riduzione di una matrice. Sistemi lineari e determinanti. Applicazioni lineari e matrici. Autovalori e autovettori di un endomorfismo. Diagonalizzazione di una matrice quadrata per similitudine. Cenno alla forma canonica di Jordan. Cenno agli spazi duali. Forme bilineari ed hermitiane, forme quadratiche (reali e complesse). Diagonalizzazione di una matrice simmetrica per congruenza. Spazi vettoriali (reali e complessi) con prodotto scalare. Riduzione di una matrice hermitiana alla forma diagonale. Elementi di geometria analitica nel piano: cambiamenti di coordinate cartesiane ortogonali, coordinate polari, isometrie nel piano, rette, circonferenze, curve, studio delle coniche e loro riduzione a forma canonica. Elementi di geometria analitica nello spazio: cambiamenti di coordinate cartesiane ortogonali, coordinate polari e cilindriche, isometrie lineari nello spazio, rette, piani, sfere, circonferenze, curve, superfici (con particolare riferimento a coni, cilindri e superfici di rotazione), studio delle quadriche e loro riduzione a forma canonica.**Testi consigliati**S. GRECO-P. VALABREGA, *Lezioni di algebra lineare e geometria*: vol. 1 (*algebra lineare*) e vol. 2 (*geometria analitica*), Ed. Levrotto & Bella, Torino.S. LANG, *Algebra lineare*, Ed. Boringhieri.S. LIPSCHUTZ, *Algebra lineare*, Collana Schahm, Etas Libri.A. SANINI, *Lezioni di geometria, Esercizi di geometria*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.**ISTITUZIONI DI FISICA NUCLEARE E SUBNUCLEARE****Docente:** Giovanni Bonsignori**Tipo:** 60 ore di lezioni, 20 ore di esercitazioni, III anno**Crediti:** 10**Esame:** orale

Scopo del corso: Fornire le nozioni fondamentali della struttura sub-atomica della materia, dei nuclei atomici, dei costituenti ultimi e delle loro interazioni. Vengono discusse alcune connessioni fra fisica, astrofisica e cosmologia.

Contenuto del corso

Introduzione. Note storiche e concetti fondamentali Acceleratori di particelle (cenni) Passaggio delle radiazioni nella materia (cenni) Rivelatori di particelle Rivelazione di particelle

Le quattro interazioni fondamentali Semplici classificazioni delle particelle elementari. Il modello statico a quark Principi di invarianza e leggi di conservazione Collisione adrone-adrone nella regione delle risonanze e delle alte energie L'interazione elettromagnetica. Diffusione elastica elettrone-protone L'interazione debole Collisioni leptone-nucleone ad alta energia Il modello standard delle interazioni elettrodebole e forte Collisioni positrone-elettrone Oscillazioni di particelle (cenni) Oltre il Modello Standard (cenni) Particelle, Astrofisica e Cosmologia (cenni)

Il nucleo atomico. Proprietà globali dei nuclei Stabilità nucleare Decadimenti radioattivi. Raggi alfa, beta, gamma Urto nucleare. Reazioni nucleari La forza nucleare La struttura dei nuclei. Modelli nucleari L'energia nucleare. Fissione e fusione Applicazioni nucleari. Cenni di radioprotezione Cenni di astrofisica nucleare. Il sole

Testi consigliati

Sono disponibili appunti delle lezioni e degli esercizi.

E. SEGRÉ, Nuclei e Particelle, Zanichelli, Bologna.

POVH ET AL., Particles and Nuclei, Springer (1995).

Un libro divulgativo.

ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA

Docente: Giovanni Venturi

Tipo: 65 ore di lezione, III anno

Crediti: 12

Esame: scritto e orale

Scopo del corso: Introduzione alla Meccanica Quantistica e sue applicazioni.

Contenuto del corso

Limiti della fisica classica; pacchetti d'onda e principio di indeterminazione; equazione di Schroedinger; autofunzioni ed autovalori; potenziali unidimensionali; struttura generale della meccanica ondulatoria; metodi operatoriali in meccanica quantistica; sistemi ad N particelle; equazione di Schroedinger in tre dimensioni; momento angolare; equazione radiale; atomo di idrogeno; interazione di elettroni con il campo elettromagnetico; operatori, matrice spin; somma dei momenti angolari; metodo variazionale; teoria

perturbativa indipendente dal tempo; radiazione atomica; teoria dell'urto; sistemi discreti e continui; teorema di Noether; teoria del campo di Schroedinger; seconda quantizzazione; funzioni di Green; equazioni d'onda relativistiche con esempi.

Aspetti avanzati di meccanica quantistica: integrali sui percorsi e l'equazione di Schroedinger; teoria perturbativa e regole di Feynman; funzione di partizione e meccanica statistica; matrice densità e formalismo connesso; un'approccio alla matrice densità tramite gli integrali sui percorsi.

Testi Consigliati

S. GASIOROWICZ, *Quantum Physics*, Wiley Ed.

R.P. FEYNMAN, A.R. HIBBS, *Quantum Mechanics and Path Integrals*, McGraw-Hill Ed.

LABORATORIO DI FISICA DEI DISPOSITIVI ELETTRONICI

Docente: Enzo Gandolfi

Tipo: 60 ore di lezione, 40 ore di laboratorio

Crediti: 18

Esame: orale

Contenuto del corso: Il corso è diviso in due parti, la prima parte può essere considerata un modulo semestrale autoconsistente.

I parte: Sistemi di acquisizione on-line

- Elettronica analogica: alimentatori, amplificatori, la controreazione, gli amplificatori operazionali.
- Elettronica digitale: richiami sulle porte logiche, interfacciabilità fra le famiglie TTL, CMOS ed ECL, i circuiti sequenziali di base.
- Convertitori A/D e D/A.
- Architettura di un computer con particolare riferimento al timing, alle tecniche di interrupt ed all'utilizzo di chip programmabili.
- Trasmissione delle informazioni: modo parallelo, seriale, sistema IEEE488, cenni sulle reti.
- I trasduttori: principi generali ed applicazioni.
- Processori Fuzzy usati in sistemi di controllo e «pattern recognition».

II parte: CADs per la progettazione elettronica assistita

- Evoluzione della progettazione elettronica
- Il CAD per disegnare un circuito elettronico a componenti discreti commerciali e per la realizzazione di circuiti stampati.
- La simulazione digitale ed analogica.
- La progettazione elettronica tramite FPGA.
- Tecniche di progettazione di componenti VLSI: schematic entry, VHDL.

Testi consigliati

G. TORZO, *Progettare e sperimentare gli amplificatori operazionali*, Zanichelli, Bologna.
M. MASETTI, I. D'ANTONE, *Elettronica Logica combinatoria e sequenziale*, Zanichelli, Bologna 1991.
N. WESTE, K. ESHRAGHIAN, *Principle of CMOS VLSI Design*, Addison Wesley 1988.
D.L. PERRY, *VHDL (second edition)*, McGraw-Hill 1993.
Verranno inoltre forniti appunti delle lezioni e riferimenti bibliografici sugli argomenti trattati.

LABORATORIO DI FISICA DELLA MATERIA

Docente: Daniela Cavalcoli

Tipo: 60 ore di lezione, 40 ore di laboratorio, corso annuale fondamentale, IV anno

Crediti: 18

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire le nozioni generali relative ai metodi sperimentali usati in fisica della materia. Queste vengono poi concretizzate da esercitazioni di laboratorio su strumentazione caratterizzante le linee di ricerca all'interno dell'Indirizzo di Fisica della Materia. Il corso è costituito da una parte generale e tre moduli specialistici.

Contenuto del corso:

1. Parte generale. Fisica e tecnologia del vuoto: richiami di teoria cinetica dei gas, proprietà dei gas in condizioni di non equilibrio, fenomeni di superficie. Sistemi per la produzione del vuoto, misure di pressione, rivelazione delle perdite. Tecniche criogeniche: cicli di raffreddamento, misure di basse temperature. Interazione della radiazione con la materia. Sorgenti di radiazione: sorgenti foto-elettromagnetiche, sorgenti elettroniche. Profondità di penetrazione. Proprietà dielettriche e ottiche dei solidi. Definizione delle costanti ottiche. Assorbimento, modello macroscopico e microscopico.

2. Moduli specialistici

Modulo 1. Analisi spettroscopiche di materiali semiconduttori (Cavallini). Proprietà elettriche dei materiali semiconduttori: misure di resistività, mobilità, effetto Hall. Proprietà ottiche dei materiali, scelta delle sorgenti, monocromatori, rivelatori. Proprietà di trasporto in giunzioni metallo-semiconduttore: meccanismi di trasporto della corrente, deviazioni dall'idealità, misura dell'altezza di barriera dalle caratteristiche corrente-tensione e capacità-tensione. Misura dell'efficienza di ricombinazione di difetti reticolari: tecniche di microscopia a raccolta di carica, tecnica EBIC (Electron Beam Induced Current).

Modulo 2. Tecniche di caratterizzazione strutturale (Bonetti). Cristallografia, esperimenti di diffrazione, analisi dei dati. Studio delle proprietà fisiche della materia con tecniche diffrattometriche. Studio dei fenomeni che conducono a dissipazione di energia elastica nei solidi: transizioni di fase e difetti di varia natura.

Modulo 3. Microscopia elettronica (Pozzi). Elementi di ottica elettronica (lenti, quadrupoli, prismi). Interazione anelastica elettrone-materia. Il microscopio elettronico in

trasmissione e descrizione delle esperienze di laboratorio.

Prove di laboratorio

1. Realizzazione di un esperimento virtuale per l'analisi di proprietà ottiche ed elettroniche dei materiali con il software "Virtual Lab" di EDUMAT.
2. Misura delle caratteristiche corrente-tensione e capacità-tensione di un diodo Schottky. Confronto con le caratteristiche di un diodo ideale, calcolo dei parametri caratteristici.
3. Misura di assorbimento di materiali semiconduttori nel visibile e vicino infrarosso.
4. Analisi di transizione di fase del I e II ordine con tecniche di spettroscopia acustica.
5. Studio di strutture ordinate o parzialmente ordinate con tecniche di diffrattometria X.
6. Realizzazione di un film sottile con tecniche di evaporazione.
7. Osservazione del film sottile ed analisi della sua figura di diffrazione al microscopio elettronico.

Testi consigliati

P.E. FLEWITT, R.K. WILD, *Physical Methods for Material Characterization*, IOP, Bristol.

T.A. DELCHAR, *Vacuum Physics and Techniques*, Chapman & Hall

S.WANG, *Fundamental of Semiconductor Physics and Device Physics*, Prentice Hall Int. Editions.

L.REIMER *Transmission Electron Microscopy*, Springer, Berlin.

LABORATORIO DI FISICA NUCLEARE E SUBNUCLEARE

Docente: Gabriella Sartorelli

Tipo: 80 ore di lezione, 40 ore di laboratorio, IV anno

Crediti: 18

Esame: scritto e orale

Contenuto del corso:

- Introduzione: Interazione delle particelle elementari con la materia. Perdita di energia. Fluttuazioni di Landau. Ionizzazione. Processi elettromagnetici più importanti: produzione di coppie, irraggiamento, effetto Compton. Diffusione multipla. Sciami elettromagnetici e adronici.
- Rivelatori a deriva: Rivelatori a gas. Diffusione e deriva delle cariche nei gas. Amplificazione. Diversi regimi di amplificazione. Camere a ionizzazione. Camere a fili multiproportionali. Camere a deriva. Varie strutture di camere a deriva (TEC, JET, IC). Formazione del segnale. Preamplificatore usato. Rumore di fondo del preamplificatore e della camera. Effetto dei campi magnetici sulle camere a deriva. Efficienza e risoluzione spaziale. Fattori che le determinano e loro misura. Invecchiamento dei fili.
- Rivelatori a stato solido. Diffusione e deriva nei semiconduttori. Rivista della teoria delle bande e dei diodi a giunzione e Schottky. Contatti non rettificanti. Amplificatori di carica. Rumore di fondo del rivelatore e dell'amplificatore. Efficienza. Risoluzione spaziale.

- Rivelatori a scintillazione: Scintillatori. Guide di luce. Fotomoltiplicatori e loro struttura. Fotocatodi. Effetto dei campi magnetici sui fototubi. Efficienza. Risoluzione temporale. Uso dei rivelatori a scintillazione per trigger, tempi di volo e veto di eventi. Forma dell'impulso e «time slewing»: correzioni.
- Altri rivelatori: Contatori Cerenkov. Loro uso come discriminatori di particelle e di monitor di fascio. Contatori a radiazione di transizione.
- Metodo Montecarlo: Richiami di teoria delle probabilità: probabilità, variabili aleatorie, funzioni di distribuzione. Risoluzione, unfolding. Generazione di numeri casuali secondo una data distribuzione, campionamento. Integrazione Montecarlo. Esempi pratici.
- Elettronica: Transistors: bipolari, JFET, MOSFET, MESFET. Schemi di amplificatori a base, emettitore e collettore comune. Polarizzazione statica. Impedenza d'ingresso e d'uscita. Amplificazione. Reazione negativa. Rumore di fondo degli stadi frontali per diversi dispositivi utilizzati e per i diversi schemi. Amplificatori in classe A, B, C. Amplificatori differenziali e operazionali. Amplificatori di corrente e di carica. Rapporto segnale/rumore: sorgenti equivalenti di rumore. Formatori di segnale e ottimizzazione del rapporto segnale/rumore. Discriminatori. ADC, TDC. Standard CAMAC e NIM. Coincidenze, contatori. Linee di trasmissione.
- Generalità sugli acceleratori: Ciclotroni, betatroni, sincrotroni. Focheggiamento debole e forte, a funzioni separate e non. Oscillazioni di betatrone e di sincrotrone. Stabilità di fase. Cavità risonanti per uso nei sincrotroni.
- Generalità sugli apparati per le alte energie: Misura dell'impulso di particelle in campi solenoidali e toroidali. Calorimetria per la misura dell'energia di particelle e per la identificazione di diverse particelle. Calorimetri omogenei (cristalli al piombo, scintillatori inorganici) e non. Esempi di apparati completi su bersaglio fisso e ai collisionatori.
- Prove pratiche di Laboratorio: Misura dell'efficienza e risoluzione di scintillatori e camere a fili.

Testi consigliati

E. SEGRÈ, *Nuclei e particelle*, Zanichelli.

E. ROSSI, *High energy particles*, Prentice Hall.

G.F. KNOLL, *Radiation detection and measurement*, John Wiley and Sons.

F. SAULI, *Multiwire proportional chambers*, CERN Yellow Report.

C. KITTEL, *Introduction to solid state physics*, John Wiley and Sons.

K. KLEINKNECHT, *Detectors for particle radiation*, Cambridge University Press, 1986.

W.R. LED, *Techniques for nuclear and particle physics experiments*, Springer-Verlag.

LABORATORIO DI FISICA SANITARIA**Docente:** Franco Casali**Tipo:** 60 ore di lezioni, 40 ore di laboratorio, IV anno**Crediti:** 18**Esame:** orale

Contenuto del corso: La prima parte del Corso è equivalente ad un Corso Semestrale (mezza annualità).

Prima parte

- *Radiazioni ionizzanti:* Interazione dei fotoni con la materia. Interazione delle particelle cariche con la materia. Esercitazioni di laboratorio
- *Radiazioni non ionizzanti:* Radiofrequenza e micro-onde. Radiazioni e.m. a bassissima frequenza (ELF). Esercitazioni di laboratorio
- *Analisi digitale dell'immagine:* Acquisizione digitale delle immagini e relative tecniche di miglioramento. Tecniche tomografiche. Esercitazioni di laboratorio.

Seconda parte

- *Fisica dei neutroni:* Interazione dei neutroni con la materia. Equazione di Boltzmann e metodi di risoluzione di detta equazione. I neutroni in medicina.
- *Tecniche di irraggiamento:* Irraggiamento con elettroni. Irraggiamento con fotoni. Dosimetria delle radiazioni. Esercitazioni
- *Rumore:* Generalità. Il rumore nel contesto urbano. Esercitazioni di laboratorio

Testi consigliatiU. AMALDI, *Fisica delle radiazioni*, Boringhieri.F. CASALI, *Appunti di Fisica dei Neutroni con elementi di Fisica dei Reattori*.P. MELLI, *L'Elaborazione digitale delle Immagini*, F. Angeli.A. COCCHI, *Inquinamento da Rumore*, Maggioli.

Altri testi verranno consigliati durante lo svolgimento del Corso. Verranno rese disponibili le fotocopie dei lucidi proiettati a lezione.

LABORATORIO DI GEOFISICA**Docente:** Stefano Tinti**Tipo:** 80 ore di lezione, IV anno**Crediti:** 18**Esame:** orale

Contenuto del corso: Il corso si pone l'obiettivo di fornire agli studenti conoscenze tecnico-pratiche sui metodi sperimentali di indagine geofisica sia per quanto riguarda la geofisica della terra solida che per ciò che concerne la geofisica della terra fluida, mediante esperienze effettuate in laboratorio o condotte in campagna. Le esperienze che gli

studenti dovranno svolgere sono le seguenti:

- Calibrazione di un sismometro (realizzazione circuiti e acquisizione-dati in laboratorio)
- Determinazione della curva di risposta di un sismometro (realizzazione circuiti e acquisizione-dati in laboratorio)
- Prospezioni sismiche a rifrazione (progettazione, acquisizione-dati in campagna, analisi dei dati ed interpretazione)
- Prospezioni sismiche a riflessione (progettazione, acquisizione-dati in campagna, analisi dei dati ed interpretazione)
- Prospezioni geoelettriche (progettazione, acquisizione-dati in campagna, analisi dei dati ed interpretazione)
- Tracciamento di carte meteorologiche (analisi di dati al suolo e in quota per l'area italiana e regionale: esperienza condotta in laboratorio).

Tutte le precedenti esperienze saranno precedute da lezioni teoriche per l'inquadramento della parte teorica (teoria del sismometro, prospezioni sismiche e geoelettriche, evoluzione delle perturbazioni meteorologiche) e da lezioni specifiche di illustrazione delle esperienze stesse.

Testi consigliati

W.M. TELFORD, L.P. GELDART e R.E. SHERIFF, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, 1990.

H.R. BURGER, *Exploration Geophysics of the Shallow Subsurface*, Prentice Hall, 1992.

JU.R. HOLTON, *Introduction to Dynamic Meteorology*, Academic Press, 1992.

MECCANICA RAZIONALE CON ELEMENTI DI MECCANICA STATISTICA

Docente: Giorgio Turchetti

Tipo: 70 ore di lezione, 50 ore di esercitazioni, annuale, II anno

Crediti: 12

Esame: scritto e orale

Contenuto del corso: Rassegna dei fondamenti della meccanica newtoniana. Spazio delle fasi ed equazioni di evoluzione, variabili dinamiche e integrali primi. Sistemi unidimensionali. Forza centrale. Il problema dei due corpi. Collisioni. Vincoli e reazioni vincolari, realizzazione di vincoli e interpretazione geometrica. Principio dei lavori virtuali e di D'Alembert, equazioni di Lagrange. Simmetrie e teorema di Noether. Rotazioni, moto relativo e la dinamica del corpo rigido. Sistemi lineari e stabilità dell'equilibrio. Piccole oscillazioni. Principi variazionali. Equazioni di Hamilton, trasformazioni canoniche e parentesi di Poisson. Equazione di Hamilton-Jacobi, variabili azione e angolo e teoria perturbativa al primo ordine. Geometria di sistemi integrabili. Teorema di Liouville. Volumi nello spazio delle fasi. Distribuzione di Maxwell-Boltzmann.

Testi consigliati

G. TURCHETTI, *Dinamica Classica*, Zanichelli.
V. ARNOLD, *Metodi Matematici della meccanica classica*, Riuniti.
L. LANDAU, E. LIFSHITZ, *Meccanica*, Boringhieri.

MECCANICA STATISTICA

Docente: Roberto Soldati

Tipo: 60 ore di lezione, 20 ore di esercitazioni, I e II semestre, IV anno

Crediti: 16 (8+8)

Esame: scritto (tre ore, senza consultazione di testi) e orale

Scopo del corso: Il corso è rivolto a studenti del quarto anno del corso di laurea in Fisica e presuppone la conoscenza di vari argomenti svolti nei corsi di Istituzioni di Fisica Teorica e Metodi Matematici della Fisica. Nella prima parte semestrale, di carattere fondamentale, vengono trattati il fondamento statistico della Termodinamica per i sistemi omogenei all'equilibrio termico e la Meccanica Statistica classica. Nella seconda parte semestrale vengono trattati i sistemi quantistici. Si sviluppa pertanto il formalismo dei campi quantizzati per trattare i gas quantistici ideali; si studiano poi i concetti basilari relativi alla teoria delle transizioni di fase.

Contenuto del corso:

Prima parte

Il metodo della distribuzione più probabile. Misure invarianti nello spazio delle fasi. Un modello classico per la struttura della materia. Grandezze macroscopiche all'equilibrio termico e medie temporali. Forze generalizzate e viriale. Medie temporali e medie in fase. Il problema ergodico. Variabili normali e tendenza all'equilibrio termodinamico. Insiemi statistici e teorema di Liouville. L'insieme microcanonico. Pressione e valori medi di forze generalizzate. Teoremi di equipartizione e del viriale. Il gas ideale. Sistemi debolmente interagenti. Funzioni di stato termodinamiche. Sistemi in contatto con un termostato: l'insieme canonico. Pressione ed energia media nell'insieme canonico. Richiami di termodinamica classica. La base statistica dei principi della termodinamica. L'entropia nell'insieme canonico. Gas ideali. Gas reale diluito. Sistemi magnetici. Modello classico per un solido cristallino. Radiazione elettromagnetica all'equilibrio in una cavità. Potenziali termodinamici in funzione del numero di particelle. Sistemi con numero variabile di particelle: l'insieme grandcanonico. Funzioni di stato termodinamiche. Fluttuazioni della densità.

Seconda parte

Stati misti ed operatore densità. Insiemi statistici in meccanica quantistica. Terzo principio della termodinamica. Funzioni d'onda per i sistemi di particelle identiche. Equazione di stato per i gas quantistici ideali. Calori specifici dei gas quantistici ideali. Gas di Fermi-Dirac altamente degeneri. Quantizzazione del campo di Schroedinger. Osservabili. Insieme grandcanonico. Gas ideali e superfici di Fermi. Diamagnetismo. Paramagnetismo.

Equilibrio delle stelle nane bianche. Fotoni e formula di Planck. Fononi e formula di Debye. Equilibrio tra fasi. Formula di Clausius-Clapeyron. Teoremi di van Hove e di Yang-Lee. La condensazione di Bose-Einstein come transizione di fase. Elio liquido.

Testi consigliati

Prima parte

C. CALDIROLA, R. CIRELLI, G.M. PROSPERI, *Introduzione alla Fisica Teorica*, UTET, Torino, 1982.

R.P. FEYNMAN, *Statistical Mechanics. A set of Lectures*, Benjamin, Reading, 1973.

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

A.I. KHINCHIN, *Mathematical Foundations of Statistical Mechanics*, Dover, New York, 1949.

L.D. LANDAU, E.M. LIFSHITZ, *Statistical Physics*, Pergamon, Oxford, 1969.

R.K. PATHRIA, *Statistical Mechanics*, Pergamon, Oxford, 1972.

R. SOLDATI, *Elementi di Meccanica Statistica Classica*, CLUEB, Bologna, 1996.

G.E. UHLENBECK, G.W. FORD, *Lectures in Statistical Mechanics*, American Mathematical Society, Providence, 1963.

Seconda parte

L.S. BROWN, *Quantum Field Theory*, University Press, Cambridge, 1992.

C. CALDIROLA, R. CIRELLI, G.M. PROSPERI, *Introduzione alla Fisica Teorica*, UTET, Torino, 1982.

R.P. FEYNMAN, *Statistical Mechanics. A set of Lectures*, Benjamin, Reading, 1973.

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

L.D. LANDAU, E.M. LIFSHITZ, *Statistical Physics*, Pergamon, Oxford, 1969.

R.K. PATHRIA, *Statistical Mechanics*, Pergamon, Oxford, 1972.

METODI FISICI DELLA BIOLOGIA

Docente: Ferdinando Bersani

Tipo: semestrale

METODI MATEMATICI DELLA FISICA

Docente: Giorgio Velo

Tipo: Indirizzi di fisica nucleare e subnucleare, teorico generale, didattico e di storia della fisica. 100 ore di lezione + 40 ore di esercitazioni

Crediti: 12

Esame: scritto ed orale

Scopo del corso: Fornire agli studenti le nozioni di base di alcuni campi della matematica particolarmente utili nello studio della fisica moderna focalizzando l'attenzione su applicazioni ispirate dalla fisica atomica e nucleare.

Contenuto del corso:

- Informazioni complementari su spazi vettoriali finitodimensionali; proprietà elementari degli spazi vettoriali topologici, degli spazi metrici e degli spazi normati; spazi LP.
- Spazi di Hilbert: la geometria degli spazi di Hilbert; basi ortonormali; operatori lineari e limitati e non, chiusi, simmetrici, autoaggiunti; spettro e risolvente di un operatore: teoria delle perturbazioni ed applicazioni alle teorie quantistiche.
- Funzioni analitiche: serie di potenze; integrali di Cauchy; sviluppo di Laurent; continuazione analitica.
- Teoria delle distribuzioni: teoria generale; supporto; moltiplicazione per funzioni; derivata; trasformata di Fourier; convoluzione; applicazioni elementari alle equazioni alle derivate parziali.
- Nozioni elementari di teoria dei gruppi: gruppi di matrici, algebre di Lie e loro relazioni; rappresentazione di gruppi e di algebre di Lie.

Testi consigliati

T. KATO, *Perturbation theory for linear operators*, Springer.

H. CARTAN, *Elementary theory of analytic functions of one or several complex variables*, Addison-Wesley.

L. HORMANDER, *The analysis of linear partial differential operators I*, Springer.

METODI MATEMATICI DELLA FISICA

Docente: Giuseppe Morandi

Tipo: Indirizzi di fisica della materia, terrestre, elettronico, biosistemi. 120 ore di lezioni incluse 40 ore di esercitazioni. III anno.

Crediti: 14

Esame: scritto e orale

Scopo del corso: fornire una conoscenza di base dei metodi matematici più frequentemente usati nello studio dei fenomeni fisici con esempi, esercizi e applicazioni.

Contenuto del corso

- Spazi topologici e spazi metrici. Spazi topologici. Basi di intorni. Confronti tra topologie. Separabilità e numerabilità. Omeomorfismi. Compattezza. Connessione. Omotopia e spazi di ricoprimento. Spazi metrici. Completezza e completamento. Spazi di funzioni continue. Applicazioni contraenti. Applicazioni alle equazioni integrali di Volterra e Fredholm.

- Spazi con strutture differenziali. Calcolo differenziale esterno su \mathbb{R}^n . Fibrati tangente e cotangente. Campi vettoriali, tensori e forme. Differenziale esterno. Teorema di Dini, delle funzioni implicite e sottovarietà regolari di \mathbb{R}^n . Cenni alle varietà differenziabili. Integrazione e teorema di Stokes. Applicazioni in Fisica.
- Spazi con strutture addizionali. Spazi vettoriali topologici. Spazi normati, spazi di Banach e spazi di Hilbert. Derivazioni su spazi di Banach: derivate di Frechet. Spazi L^p . Separabilità e completezza. Teorema di Weierstrass. Insiemi densi in spazi di funzioni e approssimanti.
- Elementi di teoria delle distribuzioni. Spazi di funzioni di prova. Distribuzioni di Schwartz. Derivate e antiderivate di distribuzioni. Regolarizzazioni. Partizioni dell'unità e supporto di una distribuzione. Distribuzioni temperate. Trasformate di Fourier. Applicazioni (con cenni alle trasformate di Laplace).
- Teoria degli operatori su spazi di Hilbert. Richiami su operatori lineari su spazi di Hilbert finito-dimensionali. Operatori limitati, algebra degli operatori limitati. Aggiunta di un operatore. Operatori hermitiani, simmetrici e autoaggiunti. Estensioni autoaggiunte di operatori simmetrici. Operatori isometrici e unitari. Risolvente e spettro. Teoremi spettrali e teoria spettrale per operatori autoaggiunti, unitari e normali. Operatori differenziali della Meccanica Quantistica. Operatori compatti, di Hilbert-Schmidt e di classe traccia. Applicazioni.

Testi consigliati

- N.I. AKHIEZER, I.M. GLAZMAN: *Theory of Linear Operators in Hilbert Space*. Dover, 1993.
 Y. CHOQUET-BRUHAT, C. MORETTE-DEWITT: *Analysis, Manifolds and Physics*. North-Holland, 1982.
 G. FANO: *Mathematical Methods of Quantum Mechanics*. McGraw-Hill, 1971.
 A. KOLMOGOROV, S. FOMINE: *Elements de la Theorie des Fonctions et de l'Analyse Fonctionnelle*. MIR, 1977.
 R.D. RICHTMYER: *Principles of Advanced Mathematical Physics*. Springer-Verlag, 1978.
 H.L. ROYDEN: *Real Analysis*. MacMillan, 1968.
 W. RUDIN: *Analisi Reale e Complessa*. Bollati Boringhieri, 1996

OCEANOGRAFIA FISICA

Docente: Franco Mattioli

Tipo: semestrale

OTTICA ELETTRONICA**Docente: Giulio Pozzi****Tipo:** 80 ore di lezione, I e II semestre, IV anno**Crediti:** 14 (7+7)**Esame:** orale**Contenuto del corso:***Prima parte*

Richiami di ottica classica: lenti ideali e formazione della immagine. Principio di Fermat e sue conseguenze. Indice di rifrazione in ottica elettronica: effetto Aharonov-Bohm. Proprietà focalizzatrici di campi elettromagnetici a simmetria assiale; equazioni traiettorie parassiali e formalismo matriciale per le lenti. Campi ed equazioni delle traiettorie nelle lenti quadrupolari: trasporto e confinamento di fasci. Prismi elettroottici: localizzazione e dispersione. Esempi di applicazione a strumentazione elettroottica. Richiami di ottica fisica: interferenza e diffrazione. Olografia elettronica. Teoria ondulatoria della formazione della immagine in lenti elettromagnetiche con il metodo «multislice». Aberrazioni. Interazione elastica ed inelastica elettrone-campione: metodi approssimati di calcolo delle sezioni d'urto.

Seconda parte

Richiami di ottica elettronica. Richiami sulla interazione elastica ed inelastica elettrone-campione. Segnali ricavabili dall'interazione e loro utilizzazione per la formazione di immagini e per analisi strutturali e spettroscopiche. Diffrazione elettronica. Richiami di cristallografia, reticolo reciproco, trasformate di Fourier. Teoria cinematica e dinamica: cristalli perfetti e con difetti. Cannoni elettronici e brillanza. Microscopio elettronico: analisi e caratteristiche dei vari blocchi funzionali. Metodi di formazione delle immagini: fascio stazionario, scansione, proiezione. Spettroscopia a raggi X, e a perdita di energia degli elettroni. Meccanismi di formazione delle immagini e vari tipi di contrasto (di ampiezza, di diffrazione, di fase, di Lorentz). Interferometria ed olografia elettroniche.

PREPARAZIONE DI ESPERIENZE DIDATTICHE**Docente: Nella Grimellini Tomasini****Tipo:** annuale; IV anno; 70 ore di lezione e 70 ore di laboratorio**Crediti:** 18**Esame:** scritto e orale

Scopo del corso: Contribuire alla formazione professionale dei futuri insegnanti di fisica della scuola secondaria partendo dalla individuazione di obiettivi generali per l'insegnamento scientifico a livello della scuola pre-universitaria e di obiettivi specifici per l'insegnamento della fisica. Il quadro generale di riferimento è riferito ad una

prospettiva costruttivista di educazione alla conoscenza scientifica nell'ambito della quale viene privilegiato un approccio fenomenologico allo studio dei fenomeni naturali.

Contenuto del corso: Progettazione ed esecuzione di circa 30 esperienze didattiche; discussione dei risultati sperimentali ottenuti; riflessione sulla loro significatività e validità concettuale e didattica. Le esperienze, svolte individualmente o a gruppi, riguardano:

- studio di moti, con particolare riferimento all'analisi grafica dei risultati e, in generale, al ruolo della elaborazione grafica nella descrizione/interpretazione dei fenomeni fisici;
- esperimenti di dinamica classica con particolare riguardo alle leggi fondamentali della dinamica e ai principi di conservazione;
- studio di fenomeni ottici, nel quadro di una descrizione corpuscolare e ondulatoria della luce. Le attività svolte durante il corso prevedono una riflessione continua sulle conoscenze di fisica acquisite nel primo triennio al fine di individuare i nodi concettuali della fisica in quanto disciplina, nell'ambito di una prospettiva professionale di mediazione culturale e didattica. In questa prospettiva, è prevista in particolare la considerazione dei seguenti temi:
- la fisica e il problema della conoscenza;
- la struttura disciplinare della conoscenza fisica e i nodi concettuali della fisica classica;
- il ruolo degli esperimenti e della formalizzazione matematica nella educazione alla conoscenza in fisica. In parallelo, sono previste attività seminariali svolte dagli studenti. Queste attività prevedono la discussione di articoli di ricerca, la progettazione di prototipi di dispositivi sperimentali; la progettazione e discussione di specifiche strategie didattiche e di ambienti di apprendimento mirati; lezioni di tirocinio; ecc.

Testi consigliati

Fisica, a cura del P.S.S.C., Zanichelli, Bologna.

Guida al Laboratorio, a cura di P.S.S.C., Zanichelli, Bologna.

Guida per l'Insegnante, a cura di P.S.S.C., Zanichelli, Bologna.

The Project Physics Course, Unità 1-3, Unità 2, Unità 4-5, Unità 6, Zanichelli Editore, Bologna.

A.B. ARONS, *Guida all'insegnamento della fisica*, Zanichelli, Bologna.

Ulteriori indicazioni bibliografiche verranno fornite durante il corso.

RELATIVITÀ**Docente: Silvio Bergia****Tipo:** 1° semestre: Relatività ristretta con elementi di relatività generale (30 ore di lezione + 10 ore di esercitazioni, 1° semestre, IV anno)

2° semestre: Teoria relativistica della gravitazione con elementi di cosmologia relativistica (30 ore di lezione + 10 ore di esercitazioni, 2° semestre, IV anno)

Crediti: 14 (7+7)**Esame:** orale (sia per i semestri sia per il corso globale)

Scopo del corso: *I° semestre* - Dare agli studenti una conoscenza dettagliata della relatività ristretta nonché gli elementi per una comprensione degli aspetti fisici della teoria einsteiniana della gravitazione. *II° semestre* - Dare una conoscenza dettagliata della teoria einsteiniana della gravitazione e fornire elementi di base per la comprensione della cosmologia relativistica.

Contenuto del corso:*I° semestre*

Rassegna delle basi fisiche della relatività ristretta; in particolare, esistenza di una velocità limite. Diagrammi di Minkowski. Effetti relativistici. Moto iperbolico. Formulazione quadridimensionale della relatività ristretta. Gruppo di Poincaré. Elettromagnetismo e dinamica del punto materiale in forma quadridimensionale. Elementi di meccanica relativistica dei fluidi. Redshift gravitazionale; orologi in un campo gravitazionale. Principio di equivalenza debole e sistemi localmente inerziali. Validità locale della geometria minkowskiana. Giustificazione elementare delle equazioni delle equazioni del campo e del moto in relatività generale. Quadro della situazione osservativa e sperimentale.

II° semestre

Il continuo spaziotemporale come varietà differenziabile. Vettori e covettori. I tensori come applicazioni multilineari. Connessioni e derivate covarianti. Geodetiche come autoparallele. I tensori di Riemann, Ricci ed Einstein e le loro proprietà. Proprietà metriche. Compatibilità tra connessione e metrica e connessione di Levi-Civita. Equazione del moto per un corpo di prova. Limite newtoniano. Equazioni del campo. Approssimazione del campo debole. Invarianza di gauge. Onde gravitazionali. Soluzione di Schwarzschild ed estensione di Kruskal. Buchi neri. Quadro della situazione osservativa e sperimentale. Aspetti dell'universo su larga scala. Il principio cosmologico e la soluzione di Robertson-Walker. L'equazione di Friedmann e la sua interpretazione newtoniana. La legge di Hubble. Modelli di Friedmann. Cenno alla teoria dello stato stazionario ed elementi della teoria del big bang caldo. La radiazione cosmica di fondo.

Testi consigliati*I° semestre*R. RESNICK, *Introduzione alla relatività ristretta*, Ambrosiana, Milano, 1979.C.A. ORZALESI, *Introduzione alla fisica teorica*, Studium Parmense Editrice, Parma, a.a. 1980/81.

W. RINDLER, *Essential Relativity*, Springer-Verlag, 1969/1977.

II° semestre

B. SCHUTZ, *A First Course in General Relativity*, Cambridge University Press, 1985.

C. MISNER, K. THORNE, J.A. WHEELER, *GRAVITATION*, Freeman, 1973.

S. WEINBERG, *Gravitation and Cosmology*, John Wiley and Sons, 1972.

SISMOLOGIA TEORICA

Docente: Enzo Boschi

Tipo: 80 ore di lezione ed esercitazioni, IV anno

Crediti: 14

Esame: orale

Contenuto del corso:

Prima parte (fruibile come semestrale)

- Cenni di calcolo tensoriale. Definizione di tensore; operazioni tra tensori. Tensori cartesiani; tensori speciali. Campi tensoriali.
- Fondamenti di teoria dell'elasticità. Spostamento e deformazione; sforzo. Equazione di equilibrio. Energia di deformazione. Legge di Hooke generalizzata. Costanti elastiche.
- Alcune soluzioni dell'equazione di equilibrio dei mezzi elastici isotropi. Nuclei di deformazione; il tensore di Somigliana. Coppie di forze puntiformi. Dislocazioni semplici e forze di volume equivalenti. Dislocazioni a vite e a spigolo. Dislocazioni di Volterra e di Somigliana.

Seconda parte (fruibile come semestrale)

- Elastodinamica. Equazione del moto di un continuo elastico. Teorema di unicità. Teorema di reciprocità. Funzione di Green e teorema di rappresentazione. Equazione del moto di un mezzo isotropo; onde elastiche. Teorema di Lamé.
- Rappresentazione della sorgente sismica. Teorema di rappresentazione per una superficie interna. Forze di volume equivalenti. Tensore momento sismico, caduta di sforzo, energia rilasciata, efficienza sismica. Onde elastiche emesse da una sorgente puntiforme. Sorgente finita; modello di Haskell. Spettro della radiazione.
- Propagazione delle onde elastiche. Onde piane; riflessione e trasmissione su superficie di discontinuità. Teoria dei raggi; tempi di percorso; equazione integrale di Abel e formula di Herglotz-Wiechert. Onde superficiali: onde di Rayleigh e di Love. Assorbimento delle onde elastiche.
- I modi normali della Terra. Oscillazioni di una sfera elastica omogenea. Oscillazioni di un modello di Terra autogravitante e a simmetria sferica. Effetti della rotazione e della asfericità. Eccitazione dei modi normali da parte di una sorgente interna puntiforme.

Testi consigliati

K. AKI E P.G. RICHARDS, *Quantitative Seismology. Theory and Methods*, 2 volumi, Freeman, 1980.

- A. BEN-MENAHEM, E S.J. SINGH, *Seismic Waves and Sources*, Springer-Verlag, 1981.
L. LANDAU, E. LIFSCHITZ, *Theorie de l'Elasticité*, MIR, 1967.
G.E. MASE, *Meccanica dei continui*, collana Schaum, Etas Libri, 1976.
E.R. LAPWOOD, T. USAMI, *Free oscillations of the Earth*, Cambridge University Press, 1981.

SISTEMI DINAMICI

Docente: Graziano Servizi

Tipo: 60 ore di lezione, IV anno

Crediti: 14

Esame: orale

Contenuto del corso: Il corso può essere suddiviso in due parti. Nella prima parte di carattere descrittivo e fenomenologico si affrontano gli aspetti fisici dei sistemi non lineari e si illustrano le proprietà dei modelli più significativi. Nella seconda parte, di carattere più matematico, si approfondiscono gli argomenti di meccanica hamiltoniana introdotti nel corso di Meccanica Razionale, sviluppando gli aspetti geometrici.

Parte prima: fenomenologia dei sistemi non lineari.

Sistemi dinamici continui e discreti: sezione di Poincaré di un flusso, punti fissi di una mappa, geometria delle orbite, scale di tempo.

Modelli hamiltoniani: integrabili, quasi integrabili, caotici.

Analisi statistica: misure invarianti, correlazioni; sistemi ergodici e mescolanti, schemi di Bernoulli; catene di Markov, random walk, diffusione ed equazione di Fokker-Planck.

Sistemi non conservativi e attrattori: leggi di scala e frattali, spettri di dimensioni, esponenti di Lyapunov, entropie e formalismo termodinamico.

Modelli di sistemi non conservativi.

Parte seconda: teoria matematica.

Elementi di geometria differenziale: campi vettoriali su varietà, algebre di Lie; struttura simplettica dello spazio delle fasi, forme simplettiche, flussi hamiltoniani e relativi teoremi.

Sistemi integrabili: sistemi multiperiodici integrabili debolmente perturbati; risonanza parametrica lineare e teoria di Floquet; condizioni di risonanza diofantine e di Brjuno; variabili d'azione e d'angolo, teorema di Liouville.

Sistemi quasi integrabili: teoria perturbativa, teoria KAM e teorema di Nekhoroshev; forme normali, serie asintotiche di Birkhoff e problema di Siegel.

Sistemi iperbolici: elementi di geometria iperbolica; piano e disco di Poincaré, geodetiche; sistemi iperbolici, partizioni markoviane ed elementi di dinamica simbolica.

Gli studenti potranno compiere esercitazioni al calcolatore durante le quali saranno loro mostrate con l'ausilio della grafica alcune proprietà fondamentali dei sistemi dinamici non lineari. Potranno inoltre elaborare propri modelli per lo studio di sistemi semplici.

Testi consigliati

D. RUELLE, *Chaotic evolution and strange attractors*, Cambridge University Press.

F. MOON, *Chaotic and Fractal dynamics*, Wiley Interscience.

LICHTENBERG, LIEBERMANN, *Regular and Stochastic Motion*, Springer Verlag.

ARNOLD, *Metodi matematici della meccanica classica*, Editori Riuniti.

J. MOSER, *Lectures in hamiltonian dynamics*.

SPETTROSCOPIA DELLO STATO SOLIDO

Docente: Anna Cavallini

Tipo: semestrale, 40 ore di lezione, I semestre, IV anno

Crediti: 7

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire i fondamenti della fisica dei difetti (principalmente in materiali semiconduttori). Dare le nozioni di base dei metodi sperimentali utilizzati per l'indagine delle proprietà elettroniche dei difetti e/o complessi presenti nei materiali reali.

Contenuto del corso: Strutture cristalline. Struttura a bande e livelli elettronici. Difetti nei cristalli. Il potenziale chimico. Statistica dei portatori di carica in equilibrio termico. Proprietà di trasporto in semiconduttori non degeneri. Trattazione semiclassica di solidi non omogenei. Campi e densità di portatori in giunzioni p-n in equilibrio termico. Teorie di Schottky-Mott e di Mead dei diodi a barriera. Potenziali di barriera di difetti estesi in materiali semiconduttori. Proprietà elettroniche di difetti estesi. Principi fisici e metodi di microscopia elettronica a scansione per lo studio di difetti reticolari. Cinetiche di cattura ed emissione di livelli energetici indotti da difetti reticolari e/o impurezze. Spettroscopie a giunzione di materiali semiconduttori e semisolanti. Processi tecnologici e difetti da essi indotti. Sistemi a dimensionalità ridotta. Eterostrutture.

Testi consigliati

N.W. ASHCROFT and N.D. MERMIN, *Solid State Physics*, Holt-Saunders International Editors, Philadelphia, PA.

M. S. TYAGI, *Introduction to Semiconductors Materials and Devices*, Prentice Hall, London.

P. BLOOD and J. W. ORTON, *The Electrical Characterization of Semiconductors: Majority Carriers and Electron States*, Academic Press, London.

R.S. MULLER and T.I. KAMINS, *Device Electronics for Integrated Circuits*, Wiley Eds, New York.

STORIA DELLA FISICA**Docente: Giorgio Dragoni****Tipo:** 60 ore di Lezione, 4° anno**Crediti:** 14**Esame:** orale

Scopo del corso: Le lezioni saranno articolate in due parti. L'intento che ci si prefigge è quello di portare gli studenti ad una consapevole e critica conoscenza della storia concettuale della fisica. L'obiettivo culturale e didattico è quello – non nozionistico – di fornire esempi significativi della nascita di concetti e teorie fisiche, evidenziandone gli aspetti metodologici evolutivi, logico-critici e riservando la dovuta attenzione agli aspetti matematico-formali nonché a quelli inerenti le modalità della creatività scientifica.

Contenuto del corso:

I Parte - Le origini, il dominio e la crisi della Meccanica Classica. Nascita della teoria della Relatività Ristretta. Metodologia in Storia della Fisica, Strumenti, Esperimenti storici, Museologia scientifica. Lineamenti di fisica antica e medioevale. GALILEO: principio di relatività, principio di inerzia, legge della caduta dei gravi. Il metodo galileiano; NEWTON: i pr. della meccanica, la teoria della gravitazione universale. Analisi critica dell'opera di Newton in MACH. Le critiche al concetto di spazio, tempo, etere, al sistema di riferimento assoluto e concetto di massa come proprietà intrinseca della materia. Le critiche ai pr. della dinamica newtoniana. Il principio di Mach. L'influenza di Mach su EINSTEIN. Lo stato della fisica alla fine dell'Ottocento. Una situazione di crisi. Le interpretazioni teoriche pre-relativistiche. H. Lorentz, H. Poincaré, A. Einstein. I pr. della Relatività Ristretta.

II Parte - Origini e sviluppo dell'elettromagnetismo. Nascita della teoria dei Quanti. Filosofia della scienza, Epistemologia e Storia della fisica. Strumenti, Esperimenti storici, Museologia scientifica. La fenomenologia e le prime leggi dell'elettromagnetismo. I contributi sperimentali o teorici di alcuni grandi personaggi. OERSTED, AMPÈRE, FARADAY, MAXWELL: le equazioni di Maxwell e la teoria elettromagnetica della luce. Il problema della radiazione. La teoria del corpo nero e la discontinuità quantica attraverso l'opera di alcuni protagonisti: WIEN, PLANCK, EINSTEIN.

Le attività *seminariali* – da concordarsi con gli studenti interessati – intendono consentire un approfondimento critico di un argomento del Programma.

Testi consigliati

H. KRAGH, *Introduzione alla storiografia della scienza*, Zanichelli, Bologna, 1990.

L. MOTZ, J.H. WEAVER, *Storia della fisica*, Cappelli, Bologna, 1990.

G. TAGLIAFERRI, *Storia della Fisica Quantistica*, Angeli, Milano, 1985.

STRUTTURA DELLA MATERIA**Docente: Gianluigi Russo****Tipo:** Corso annuale: 60 ore di lezioni e 40 ore di esercitazioni.**Crediti:** 11**Esame:** scritto e orale

Scopo del corso: Questo corso è stato pensato come la continuazione dei corsi di Fisica Generale ai fini di fornire agli studenti basi fenomenologiche e teoriche di fisica atomica, molecolare e dei sistemi condensati.

Contenuto del corso

1 - Elementi di Termodinamica Statistica. I principi della Termodinamica e il problema del loro collegamento con la Dinamica. Media temporale delle funzioni dinamiche. Tempi di rilassamento. Spazio delle fasi classico. L'ipotesi ergodica. Sistemi microcanonici e distribuzione microcanonica. Sistemi canonici e distribuzione canonica (di Boltzmann). Legame tra entropia e numero di complessioni. La formula di Boltzmann. Il III Principio della Termodinamica e i limiti della Meccanica Classica. Fluttuazioni attorno alla distribuzione canonica. Limite dei Grandi Numeri. La funzione di partizione. L'energia libera di Helmholtz e di Gibbs. Equazioni di stato. I calori specifici a volume e a pressione costante. Limite dei calori specifici a bassa temperatura. Il Gas Perfetto come sistema microcanonico. Distinguibilità e indistinguibilità di particelle identiche. Gas di Fermioni e di Bosoni: definizione euristica. Limiti di non degenerazione. Funzione di partizione di un gas non degenerare. La densità degli stati per particelle libere. Equazione di stato dei Gas Perfetti. Distribuzione di Maxwell-Boltzmann delle velocità. Conducibilità termica e viscosità in un gas. Gas non degeneri e gas "classici": il paradosso di Gibbs. Il Corpo nero. Teoria fotonica della radiazione elettromagnetica. Gas di bosoni massivi. La condensazione di Bose come esempio del legame tra transizioni di fase e limite termodinamico. Il principio di Pauli. Gas di fermioni. Il Livello di Fermi allo zero assoluto. Energia interna e calori specifici per un gas di fermioni molto degeneri. Numero di fermioni "efficaci".

2 - Elementi di Fisica Atomica e Molecolare Comportamento corpuscolare della radiazione. L'effetto fotoelettrico. L'effetto Compton. La lunghezza d'onda Compton. Comportamento ondulatorio della materia. L'ipotesi di de Broglie. L'esperienza di Davisson e Germer. Elementi di meccanica ondulatoria. Fisica atomica. Spettri atomici. Il modello di Thomson. L'esperienza di Rutherford. Le dimensioni nucleari. Il modello di Bohr. Valutazioni euristiche delle dimensioni atomiche con il principio di indeterminazione. Richiami sulle funzioni d'onda in un potenziale centrale. Richiami sui momenti angolari e sulla loro composizione in meccanica quantistica. Esistenza dello spin. Esperienza di Stern-Gerlach e fattore di separazione anomalo dello spin. Effetto Zeeman. Atomi polielettronici e principio di Pauli. Atomi Alcalini. L'atomo di Elio. Decadimenti atomici e regole di selezione. Esperienza di Wien. Cenni sulla Tabella periodica degli elementi. Fisica molecolare. Caratteristiche generali degli spettri molecolari. Il metodo variazionale. Il metodo LCAO. La molecola di H_2^+ .

3 - Elementi di fisica dello stato solido La struttura periodica dei solidi cristallini. Diffrazione dei raggi X secondo Bragg. Calori specifici reticolari. Solidi come insiemi di

oscillatori armonici accoppiati. Richiami della teoria classica delle piccole oscillazioni. Teoria di Einstein. Teoria e approssimazione di Debye del solido continuo. Fononi. Dispersione delle onde elastiche e deviazioni dalla teoria di Debye. Modi vibrazionali e relazioni di dispersione in un reticolo unidimensionale. Modi ottici e acustici. Elettroni interagenti nella materia. Cenni alle teorie di campo medio (Hartree e Hartree-Fock). Il teorema di Bloch-Floquet. Il modello di Kronig e Penney. Moto degli elettroni in un reticolo tridimensionale. L'approssimazione dell'elettrone fortemente legato. Metalli, isolanti e semiconduttori. Conduzione elettrica nei metalli e nei semiconduttori (teoria di Sommerfeld). L'effetto termoionico nei metalli e nei semiconduttori. Difetti reticolari ed entropia configurazionale. Equilibrio termodinamico nei metalli e disordine imputabile alle "vacanze". Teoria dell'ordine a lunga distanza di Bragg e Williams.

Testi Consigliati

Durante il corso verrà suggerita la bibliografia necessaria.

TEORIA DEI CAMPI

Docente: Roberto Balbinot

Tipo: 90 ore di lezione suddivise in I e II semestre, IV anno

Crediti: 14

Esame: orale

Scopo del corso: Dare i principi di base della teoria classica e quantistica dei campi per poter affrontare lo studio delle teorie di gauge delle interazioni fondamentali della fisica.

Contenuto del corso:

Parte prima: Teoria classica dei campi. Il gruppo delle rotazioni, il gruppo $SU(2)$, il gruppo di Lorentz, il gruppo di Poincare, generatori, algebra, invarianti di Casimir, il vettore di Pauli-Lubanski, rappresentazioni massive e massless. Proprietà generali del funzionale d'azione, equazioni di Eulero-Lagrange, simmetrie continue in teoria dei campi, teorema di Noether. Azione per un campo scalare reale e complesso, rappresentazione in onde piane. Azione per campi vettoriali massivi reali e complessi. Campo elettromagnetico, invarianza di gauge. Campo di Dirac. Spin.

Parte seconda: Teoria quantistica dei campi. Quantizzazione canonica di campi liberi, campo di Klein-Gordon, campo elettro-magnetico, campo vettoriale massivo, campo di Dirac. T-prodotto, propagatore di Feynman. Teorema spin-statistica. Campo scalare in interazione, serie di Dyson, matrice S, formula di riduzione, lo sviluppo perturbativo covariante, teorema di Wick, grafici di Feynman. Teorie di Gauge, invarianza di fase globale e locale, trasformazioni di gauge non abeliane, campi di Yang-Mills, rottura spontanea della simmetria, meccanismo di Higgs, il modello di Weinberg-Salam.

Testi consigliati

N.N. BOGOLIUBOV, D.V. SHIRKOV, *Introduction to the theory of quantized fields*, John Wiley & Sons Ed.

C. ITZYKSON, J.B. ZUBER, *Quantum field theory*, McGraw-Hill.

V. DE ALFARO, *Introduzione alla teoria dei campi - parte I*, Coop. Libr. Univ. Torino.

L.W. RYDER, *Quantum field theory*, Cambridge Univ. Press.

C. QUIGG, *Gauge theories of the strong, weak and electromagnetic interactions*, Benjamin/Cummings Publ.Company.

Note per lo studente: Questo corso è rivolto agli studenti del quarto anno dell'indirizzo teorico generale e dell'indirizzo di fisica nucleare e subnucleare e presuppone la conoscenza dei programmi dei corsi di «Istituzioni di Fisica Teorica» e «Metodi Matematici della Fisica». Il corso è suddiviso in due parti (I e II semestre). Agli studenti che intendono seguire solo la II parte sono richieste conoscenze di Relatività Ristretta e Fisica Teorica (equazione di Dirac).

TEORIA DEI SISTEMI A MOLTI CORPI

Docente: Giancarlo Bonsignori

Tipo: 80 ore di lezione, 20 ore di esercitazioni, IV anno

Crediti: 16

Esame: scritto e orale

Contenuto del corso:

Parte I

Sistemi di particelle identiche e il postulato di simmetrizzazione. Bosoni e fermioni. La rappresentazione dei numeri di occupazione; operatori di creazione e distruzione per bosoni e fermioni. Stati e operatori in seconda quantizzazione. Operatori di campo. Prodotto normale, contrazioni, teorema di Wick. L'Hamiltoniana per sistemi invarianti per traslazione e rotazione. Trasformazioni unitarie e canoniche. Il concetto di quasi-particella. La descrizione particella-hole. Modi elementari di eccitazione.

Il metodo variazionale nel problema dei molti corpi. Il formalismo di Hartree-Fock come fondamento dei modelli a particelle indipendenti. Condizione di stazionarietà e teorema di Brillouin. Condizione di stabilità. Il campo medio locale e non locale. L'approssimazione della massa efficace. L'interazione residua. Il metodo di Hartree-Fock nella Fisica degli atomi dei nuclei e della materia condensata. Eccitazioni particella-hole. L'approssimazione di Tamm-Dancoff (TDA). Le energie di particella singola: teorema di Koopmans. Interazioni residue separabili. Eccitazioni collettive e ruolo dell'interazione residua. Invarianza traslazionale e rotazionale nella approssimazione di Tamm-Dancoff Hartree-Fock.

Il metodo delle equazioni del moto. Derivazione delle equazioni di Hartree-Fock e della TDA dalle equazioni del moto. Correlazioni nel fondamentale e derivazioni delle equazioni

della Random Phase Approximation (RPA) col metodo della linearizzazione delle equazioni del moto. Gli autovalori della RPA. Concetto di metrica non euclidea e proprietà formali delle equazioni della RPA. Ortonormalizzazione degli stati della RPA. Calcolo delle altre osservabili. Regole di somma.

Il Fenomeno della superconduttività e la sua interpretazione microscopica. Componenti a lungo range e a corto range dell'interazione residua e la forza di pairing. Due fermioni identici in un livello degenerare: la coppia di Cooper. N particelle in un livello degenerare: lo schema di seniorità. Il gap energetico; indipendenza dello spettro dal numero di fermioni. N particelle identiche distribuite in livelli non degeneri soggette alla forza di pairing. La funzione di BCS per lo stato fondamentale. Operatori di quasi-particella e trasformazione di Bogoliubov-Valatin dell'Hamiltoniana. Derivazione variazionale delle equazioni di BCS. Il termine ad un corpo o a quasiparticelle indipendenti e l'energia di quasi-particella.

Parte II

Teoria delle perturbazioni indipendente dal tempo. Sviluppo perturbativo di Brillouin-Wigner e di Rayleigh-Schroedinger. Teoria delle perturbazioni dipendente dal tempo. Rappresentazioni. Diagrammi di Feynman. Serie di Dyson per l'operatore di evoluzione. Ipotesi adiabatica. Funzioni di Green. La funzione di Green di particella singola. La funzione di Green a due particelle.

Generalità sui gruppi discreti. Gruppi simmetrici e diagrammi di Young. Gruppi continui. Gruppi di Lie e algebre di Lie. I gruppi unitari: elementi di teoria delle rappresentazioni. Rappresentazioni irriducibili dei gruppi ortogonali e unitari più semplici: $SO(2)$, $SO(3)$, $SU(2)$, $SU(3)$. Algebre di Lie semisemplici e diagramma delle radici. Stati coerenti: l'esempio di $SU(2)$.

Algebra dinamica $u(2)$: oscillatore armonico bidimensionale e oscillatore di Morse. Algebra dinamica $u(3)$: l'oscillatore tridimensionale. Algebra dinamica $u(4)$: il modello a vibrioni per le molecole biatomiche. Simmetrie limiti del modello a vibrioni. Algebra dinamica $u(6)$: il modello a bosoni interagenti (IBM-1).

Algebre generatrici di spettro nei modelli con linearizzazione bosonica: modello di BCS e algebra $su(2)$. Introduzione alle superalgebre di Lie. Superalgebre generatrici di spettro nei modelli con linearizzazione fermionica: il modello di Hubbard. Supersimmetrie unitarie in fisica nucleare.

Testi consigliati

- J.W. NEGELE, H. ORLAND, *Quantum Many-Particle Systems*, A. Wesley, 1988.
 J.P. BLAIZOT, J. RIPKA, *Quantum Theory of Finite Systems*, Mitt press, 1986.
 E. GROSS, E. RUNGE, O. HEINONEN, *Many-Particle Theory*, Adam Hilger, 1992.
 D.S. KOLTUN, J.M. EISEMBERG, *Quantum Mechanics of Many Degrees of Freedom*, J. Wiley, 1988.
 G. RICKAYZEN, *Green's Functions and Condensed Matter*, Academic Press, 1991.
 A.L. FETTER, J.D. WALECKA, *Quantum Theory of Many-Particle Systems*, McGraw-Hill, 1971.
 R.D. MATTUCK, *A Guide to Feynman Diagrams in the Many-Body Problem*, Dover, 1992.
 P. RING, P. SUCK, *The Nuclear Many-Body Problem*, Springer Verlag, 1980.
 M. EISEMBERG, W. GREINER, *Microscopic Theory of the Nucleus*, North Holland, 1987.
 G.D. MAHAN, *Many-Particle Physics*, Plenum, 1990-1980.

H. HAMERMESH, *Group Theory and its Application To Physical Problems*, Dover, 1989.
 B.G. WYBOURNE, *Classical Groups for Physicists*, Wiley, 1974.
 W. GREINER, B. MUELLER, *Quantum Mechanics: Symmetries*, Springer, 1989.
 A. FRANCK, P. VAN ISACKER, *Algebraic Methods in Molecular and Nuclear Structure Physics*, Wiley, 1994.
 Materiale didattico ed ulteriori indicazioni bibliografiche verranno fornite durante lo svolgimento delle lezioni.

TEORIA QUANTISTICA DEI MATERIALI

Docente: Loris Ferrari

Tipo: 80 ore di lezione, IV anno

Crediti: 14

Esame: orale

Contenuto del corso: Il formalismo di seconda quantizzazione. Teoria di Hartree-Fock degli elettroni nei metalli. La costante dielettrica generalizzata. Self-screening. Cenni sulla transizione di Mott. Costante dielettrica generalizzata nei sistemi non metallici. Fononi. Fononi ottici e acustici. Interazione elettrone-fonone. Polaroni acustici. Resistività elettrica dovuta all'interazione elettrone-fonone. Magnetismo. Elettroni in un campo magnetico. Effetto de Haas-van Alphen. Risonanza di ciclotrone. Transizioni di fase magnetiche. Il modello di Ising. Teorie di campo medio (Weiss) per la transizione paramagnete-ferromagnete. Teoria di Landau-Ginzburg. Cenni alla teoria del gruppo di rinormalizzazione.

Testi consigliati

C. KITTEL, *Quantum Theory of Solids*, Wiley & Sons.

J.M. ZIMAN, *Principle of the theory of solids*, Cambridge University Press.

M. TODA, R. KUBO, N. SAITO, *Statistical Physics I*, Springer-Verlag.

TETTONOFISICA

Docente: Maria Elena Belardinelli

Tipo: 80 ore di lezione, IV anno

Crediti: 14

Esame: orale

Contenuto del corso:

Prima parte

Proprietà di deformazione delle rocce. Processi microfisici che stanno alla base del comportamento duttile delle rocce. Evidenze sperimentali e geologiche. Reologie lineari e non lineari. Modelli viscosi, viscoelastici e plastici per lo studio della reologia della crosta, litosfera, mantello.

Litosfera e astenosfera. Meccanismi responsabili del moto delle placche. Forza di ridge-push e slab-pull. Topografia del fondale oceanico, subduzione.

Flessione litosferica prodotta da carichi verticali e orizzontali. Applicazioni ai processi di subduzione, collisione continentale, orogenesi, riempimento di bacini sedimentari. Effetti gravitazionali associati alla flessione litosferica.

Reologia del mantello. Convezione, transiente e stazionaria. Inversione del profilo di viscosità del mantello mediante lo studio della deformazione post-glaciale.

Seconda parte (fruibile come semestrale)

Modelli sferici. Effetti della sfericità, gravitazione e autogravitazione in diversi processi tettonici e geofisici. Variazioni secolari nelle componenti del geopotenziale.

Rotazione terrestre. Linearizzazione delle equazioni di Liouville. Componenti equatoriali della velocità angolare e variazioni nella lunghezza del giorno. Effetti rotazionali dei terremoti; componente secolare nel moto del polo.

Propagazione del calore. Evoluzione dei bacini sedimentari.

Subduzione. Modelli fisici della subduzione. Evidenze geologiche e geofisiche.

**Corso di Laurea
in
INFORMATICA**

CORSO DI LAUREA IN INFORMATICA

Introduzione

ASPETTI GENERALI

Nell'anno accademico 1994/95 è stato attivato il primo anno di studi del Corso di Laurea in Informatica che sostituirà gradualmente il Corso di Laurea in Scienze dell'Informazione. Nell'anno accademico 97/98 sono attivi i primi quattro anni di studio del nuovo corso di laurea.

La durata del corso di laurea in Informatica è di cinque anni. Il titolo di ammissione è quello previsto dalle vigenti disposizioni di legge.

Ogni insegnamento comprende una o due unità didattiche. Il corso di laurea è organizzato in un biennio propedeutico e un triennio di applicazione, comprendenti rispettivamente 20 e 24 unità didattiche. Il triennio di applicazione si articola in orientamenti, indicati annualmente dalle strutture didattiche. Gli insegnamenti del biennio propedeutico sono gli stessi per tutti gli studenti, mentre quelli del triennio sono in parte comuni e in parte dipendenti dal particolare orientamento scelto.

PIANO DIDATTICO

BIENNIO PROPEDEUTICO

<i>1° Anno</i>	<i>2° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none">• Architettura degli Elaboratori (2 unità didattiche)• Programmazione (2 unità didattiche)• Laboratorio di Informatica 1 (2 unità didattiche)• Analisi Matematica 1 (2 unità didattiche)• Matematica Discreta (2 unità didattiche)	<ul style="list-style-type: none">• Algoritmi e Strutture Dati (2 unità didattiche)• Sistemi Operativi (2 unità didattiche)• Laboratorio di Informatica 2 (2 unità didattiche)• Analisi Matematica 2 (1 unità didattica)• Fisica Generale 1 (2 unità didattiche)• Logica Matematica (1 unità didattica)

L'insegnamento di Laboratorio di Informatica 1 è coordinato con l'insegnamento di Programmazione; le prove d'esame dei due corsi sono svolte congiuntamente e danno luogo ad un unico voto.

L'insegnamento di Laboratorio di Informatica 2 è coordinato con l'insegnamento di Sistemi Operativi, e le prove d'esame dei due corsi sono svolte congiuntamente e danno luogo ad un unico voto.

TRIENNIO DI APPLICAZIONE**Insegnamenti obbligatori per tutti gli orientamenti (12 unità didattiche):**

- Basi di Dati e Sistemi Informativi (2 unità didattiche)
- Linguaggi di Programmazione (2 unità didattiche)
- Informatica Teorica (2 unità didattiche)
- Analisi Numerica (2 unità didattiche)
- Calcolo delle Probabilità e Statistica Matematica (1 unità didattica)
- Ricerca Operativa (1 unità didattica)
- Fisica Generale 2 (1 unità didattica)
- Teoria dell'Informazione (1 unità didattica)

I restanti insegnamenti per complessive 12 unità didattiche sono scelti nell'ambito degli orientamenti, e si distinguono in insegnamenti **caratterizzanti**, corrispondenti di norma ad otto unità didattiche, e insegnamenti **complementari** per le restanti unità didattiche.

Organizzazione del triennio di applicazione.

<i>3° Anno</i>	<i>4° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Analisi Numerica (2 unità didattiche) • Basi di Dati e Sistemi Informativi (2 unità didattiche) • Calcolo delle Probabilità e Statistica Matematica (1 unità didattica) • Fisica Generale 2 (1 unità didattica) • Informatica Teorica (2 unità didattiche) • Laboratorio di Informatica 3 (1 unità didattica)* • Sistemi di Elaborazione 1 (1 unità didattica)* 	<ul style="list-style-type: none"> • Linguaggi di Programmazione (2 unità didattiche) • Ricerca Operativa (1 unità didattica) • Teoria dell'Informazione (1 unità didattica) • Insegnamenti caratterizzanti e complementari, per un totale di quattro unità didattiche, dell'orientamento scelto.

<i>5° Anno</i>
Insegnamenti caratterizzanti e complementari, per un totale di sei unità didattiche, dell'orientamento scelto.

* Insegnamenti caratterizzanti per tutti gli orientamenti

SCelta DELL'ORIENTAMENTO

Per consentire al consiglio di corso di laurea di pianificare l'organizzazione dei corsi, la scelta dell'orientamento deve essere effettuata al momento dell'iscrizione al terzo anno.

Lo studente potrà, all'atto dell'iscrizione al quarto anno, chiedere al Consiglio di Corso di laurea, con domanda motivata di cambiare l'orientamento prescelto.

Orientamenti attivati nell'A.A. 1997/98:

- Sistemi Software
- Sistemi Distribuiti
- Computazionale

Struttura dell'orientamento Sistemi Software

<i>4° Anno</i>	<i>5° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Ingegneria del Software 1, 2 unità didattiche, caratterizzante. • Interazione Uomo-Macchina 1, 2 unità didattiche, caratterizzante. • Due unità didattiche complementari. 	<ul style="list-style-type: none"> • Metodi Formali dell'Informatica 1, 1 unità didattica, caratterizzante. • Metodi Formali dell'Informatica 2, 1 unità didattica, caratterizzante. • Due unità didattiche complementari.

Le unità didattiche complementari possono essere scelte tra gli insegnamenti complementari attivati; inoltre, corsi caratterizzanti di un orientamento possono essere inseriti come complementari in altri orientamenti.

Struttura dell'orientamento Sistemi Distribuiti

<i>4° Anno</i>	<i>5° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemi di Elaborazione 2, 2 unità didattiche, caratterizzante. • Sistemi di Elaborazione 3, 2 unità didattiche, caratterizzante. • Due unità didattiche complementari. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemi di Elaborazione 4, 2 unità didattiche, caratterizzante. • Due unità didattiche complementari.

Le unità didattiche complementari possono essere scelte tra gli insegnamenti complementari attivati; inoltre, corsi caratterizzanti di un orientamento possono essere inseriti come complementari in altri orientamenti.

Struttura dell'orientamento Computazionale

<i>4° Anno</i>	<i>5° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Ingegneria del Software 1, 2 unità didattiche, caratterizzante. • Metodi Numerici per la Grafica, 2 unità didattiche, caratterizzante. • Due unità didattiche complementari. 	<ul style="list-style-type: none"> • Metodi Numerici per l'Ottimizzazione, 1 unità didattica, caratterizzante. • Metodi di Approssimazione, 1 unità didattica, caratterizzante. • Due unità didattiche complementari.

Le unità didattiche complementari possono essere scelte tra gli insegnamenti complementari attivati; inoltre, corsi caratterizzanti di un orientamento possono essere inseriti come complementari in altri orientamenti.

LISTA PARZIALE DEGLI INSEGNAMENTI COMPLEMENTARI

(attivi a partire dall'A.A. 1998/99 e comuni a tutti gli orientamenti)

- Crittografia, 1 unità didattica.
- Intelligenza Artificiale 1, 2 unità didattiche.
- Elaborazione di Immagini, 1 unità didattica.
- Impianti di Elaborazione, 1 unità didattica.
- Informatica Applicata, 1 unità didattica.
- Fondamenti dell'Informatica, 1 unità didattica.
- Sistemi per la Progettazione Automatica, 1 unità didattica.
- Reti di Calcolatori, 1 unità didattica.
- Matematica Computazionale, 1 unità didattica.

PROGRAMMAZIONE DIDATTICA

Il consiglio di corso di laurea indica, annualmente, gli specifici orientamenti del corso di laurea, con le relative discipline caratterizzanti. Le discipline caratterizzanti di ciascun orientamento appartengono ordinariamente alle aree disciplinari previste per i corsi obbligatori oppure alle aree di Telecomunicazioni, Bioingegneria, Elettronica, Sistemi di Elaborazione delle Informazioni, Economia e Direzione delle Imprese, Ingegneria Economico-Gestionale.

Vengono stabiliti, annualmente, gli insegnamenti complementari a disposizione degli studenti per i vari orientamenti elencando, per ogni orientamento, gli insegnamenti tra i quali lo studente può effettuare le sue scelte senza sottoporre un piano di studi all'approvazione del consiglio stesso. La scelta di insegnamenti non inseriti nell'elenco di ciascun orientamento sarà possibile solo con piano di studio autonomo e approvato da Consiglio di Corso di Laurea

PROPEDEUTICITÀ E SBARRAMENTI

Con delibera del Consiglio della Facoltà di Scienze MM.FF.NN. è stato eliminato il blocco d'iscrizione al triennio di applicazione che, quindi, **non** è più subordinata al superamento delle prove di valutazione relative ad un numero di corsi del biennio propedeutico corrispondenti ad almeno 12 unità didattiche. Sono state introdotte le seguenti propedeuticità:

Terzo Anno

<i>Per essere ammesso all'esame di</i>	<i>lo studente deve aver superato esami del biennio propedeutico pari a</i>
Analisi Numerica	3 unità didattiche dell'area Matematica.
Basi di Dati e Sistemi Informativi	8 unità didattiche dell'area Informatica.
Informatica Teorica	8 unità didattiche dell'area Informatica.
Laboratorio di Informatica 3	8 unità didattiche dell'area Informatica.
Sistemi di Elaborazione 1	8 unità didattiche dell'area Informatica.

Gli esami di Analisi Matematica I e Analisi Matematica II sono propedeutici all'esame di Calcolo delle Probabilità e Statistica Matematica.

Quarto Anno

<i>Per essere ammesso all'esame di</i>	<i>lo studente deve aver superato esami previsti nei tre anni di studio precedenti pari a</i>
Ricerca Operativa	5 unità didattiche dell'area Matematica
Linguaggi di Programmazione	12 unità didattiche dell'area Informatica
Teoria dell'Informazione	12 unità didattiche dell'area Informatica

Per l'ammissione agli esami dei corsi caratterizzanti l'orientamento scelto, previsti al quarto anno di studio, valgono le seguenti regole:

- per corsi caratterizzanti appartenenti alla sottoarea dell'analisi numerica, lo studente deve aver superato l'esame di Analisi Numerica.
- per corsi caratterizzanti appartenenti all'area dell'informatica, lo studente deve aver superato esami previsti nei tre anni di studio precedenti corrispondenti ad almeno 12 unità didattiche dell'area informatica.
- per corsi caratterizzanti appartenenti alle aree di Telecomunicazioni, Sistemi di Elaborazione dell'Informazione, Economia e Direzione delle Imprese, Ingegneria Economico-Gestionale, lo studente deve aver superato esami previsti nei tre anni di studio precedenti corrispondenti ad almeno 12 unità didattiche dell'area informatica.
- per corsi caratterizzanti appartenenti alle aree della Bioingegneria e dell'Elettronica, lo studente deve aver superato l'esame di Fisica Generale 1 ed esami, previsti nei tre anni di studio precedenti, corrispondenti ad almeno 12 unità didattiche dell'area informatica.

Quinto Anno

Per l'ammissione agli esami dei corsi caratterizzanti l'orientamento scelto, previsti al quinto anno di studio, valgono le seguenti regole:

- per corsi caratterizzanti appartenenti alla sottoarea dell'analisi numerica, lo studente deve aver superato l'esame di Analisi Numerica ed esami dei corsi caratterizzanti previsti al quarto anno di studio, corrispondenti ad almeno due unità didattiche
- per corsi caratterizzanti appartenenti all'area dell'informatica, lo studente deve aver superato esami dei corsi caratterizzanti previsti al quarto anno di studio corrispondenti ad almeno due unità didattiche
- per corsi caratterizzanti appartenenti alle aree di Telecomunicazioni, Sistemi di

Elaborazione dell'Informazione, Economia e Direzione delle Imprese, Ingegneria Economico-Gestionale, lo studente deve aver superato esami dei corsi caratterizzanti previsti al quarto anno di studio corrispondenti ad almeno due unità didattiche.

- per corsi caratterizzanti appartenenti alle aree della Bioingegneria e dell'Elettronica, lo studente deve aver superato l'esame di Fisica Generale 1 ed esami dei corsi caratterizzanti previsti al quarto anno di studio corrispondenti ad almeno due unità didattiche.

ESAME DI LAUREA

Per l'ammissione all'esame di laurea è necessario aver superato le prove di valutazione relative a tutti gli insegnamenti obbligatori, quelle di insegnamenti complementari e quelle di insegnamenti caratterizzanti specifici orientamenti per complessive 44 unità didattiche. Questo computo include le quattro unità didattiche corrispondenti ai corsi di Laboratorio di Informatica 1 e Laboratorio di Informatica 2.

L'esame di laurea consiste nella discussione di una dissertazione scritta. Superato l'esame di laurea lo studente consegue il titolo di «Dottore in Informatica», indipendentemente dall'orientamento prescelto, del quale sarà fatta menzione soltanto nella carriera scolastica.

NORME PER IL RICONOSCIMENTO DEGLI ESAMI E DELLE ATTESTAZIONI DI FREQUENZA PER STUDENTI PROVENIENTI DA ALTRI CORSI DI LAUREA

Il Consiglio di Corso di Laurea decide sulle affinità dei corsi. Qualunque esame giudicato affine è convalidato sulla base del curriculum complessivo. Si precisa che la convalida dell'esame integrato è possibile solo se sono stati sostenuti o vengono riconosciuti gli esami annuali degli insegnamenti che danno luogo all'esame integrato.

Programmi dei corsi

ALGORITMI E STRUTTURE DATI

Docente: Roberto Segala

Tipo: 80 ore di lezione, 2 unità didattiche, II anno

Esame: Esercitazione scritta seguita da prova orale.

Scopo del corso: Il corso fornisce alcuni dei fondamenti necessari per l'analisi di problemi di elaborazione dell'informazione. La prima parte del corso descrive tecniche e criteri di base per la formulazione degli algoritmi e per la strutturazione dei dati che sono utili alla risoluzione di un problema. La seconda parte del corso descrive tecniche per il riconoscimento di problemi che non ammettono soluzioni efficienti.

Contenuto del corso: Algoritmi di Ordinamento Insertion Sort, Quick Sort, Merge Sort, Heap Sort. Ordinamento in loco, stabilità. Quick sort probabilistico. Algoritmi lineari: counting sort, radix sort, bucket sort.

Algoritmi di Selezione su Array non Ordinato. Selezione di minimo e massimo. Selezione dell'i-esimo elemento in ordine crescente. Algoritmo semplice, algoritmo con tempo medio lineare (probabilistico), algoritmo con tempo peggiore lineare.

Strutture Dati Avanzate. Motivazioni e criteri. Revisione di alberi binari, heap. RB-alberi. Heap binomiali, heap di Fibonacci. Strutture dati per insiemi disgiunti. Estensione di una struttura dati. Aggiunta di campi ad un RB-albero. Alberi di intervalli.

Analisi Ammortizzata. Metodo degli aggregati, degli accantonamenti, del potenziale. Esempi: contatore binario, tabelle dinamiche.

Algoritmi su Grafi. Breadth-first search, Depth-first search, ordinamento topologico, componenti connesse. Albero di copertura di costo minimo. Algoritmi di Kruskal e Prim. Camini minimi. Algoritmi di Dijkstra e Bellman-Ford per sorgente singola. Algoritmi di Floyd-Warshall e Johnson per sorgenti multiple. Flusso Massimo. Algoritmo di Ford-Fulkerson. Problema di matching massimale su grafo bipartito.

Teoria della Complessità. Macchine di Turing. Classi P ed NP. Riducibilità polinomiale. NP-completezza, teorema di Cook-Levin. Esempi di problemi NP-completi. Le classi PSPACE e NPSPACE, teorema di Savitch.

Tecniche per la Risoluzione di Problemi Complessi (cenni). Branch and bound. Algoritmi di approssimazione. Algoritmi probabilistici. Test di primalità.

Testi consigliati

T.H. CORMEN, C.E. LEISERSON, R.L. RIVEST, *Introduction to algorithms*, MIT Press, Cambridge, 1990. Disponibile in italiano in tre volumi, edizioni Jackson. Dispense su macchine di Turing e complessità.

ANALISI MATEMATICA I

Docente: Cesare Parenti

Tipo: 90 ore tra lezioni ed esercitazioni, primo anno

Esame: scritto e orale

Contenuto del corso:

- Numeri reali - La retta reale - Numeri complessi - Il piano complesso.
- Successioni di numeri reali - Topologia di \mathbb{R} .
- Serie numeriche.
- Funzioni da un sottoinsieme di \mathbb{R} a \mathbb{R} - Limiti - Continuità.
- Proprietà locali e globali delle funzioni continue.
- Calcolo differenziale - Derivata prima e derivate successive.
- Proprietà locali e globali in termini di derivate prima e seconda - Convessità - Metodo di Newton.
- Formula di Taylor - Infinitesimi ed infiniti.
- Integrale di Riemann - Integrale generalizzato.
- Metodi di integrazione.
- Serie di Taylor - Funzioni analitiche reali.
- Successioni definite per ricorrenza.

Testi consigliati

E. GIUSTI, *Analisi Matematica I*, Boringhieri (To).

ANALISI MATEMATICA II

Docente: Vania Sordoni

Tipo: 50 ore di lezione, 1 unità didattica, secondo anno

Esame: scritto e orale

Scopo del corso: Dare le nozioni di base del calcolo differenziale in più variabili e della teoria della misura di Lebesgue.

Contenuto del corso: Spazi metrici: \mathbb{R}^n . Disuguaglianza di Cauchy-Schwarz e disuguaglianza triangolare. Spazio delle funzioni limitate e delle funzioni continue e

limitate con la distanza uniforme. Completezza di uno spazio metrico. Nozione di spazio normato e di spazio con prodotto scalare. Successioni e serie di funzioni. Cenni di topologia in \mathbb{R}^n : aperti, chiusi, punti di accumulazione, compattezza. Limiti e continuità di funzioni. Calcolo differenziale in più variabili. Derivate parziali. Differenziabilità. Teorema di Lagrange. Formula di Taylor. Differenziale delle funzioni composte. Massimi e minimi liberi di funzioni di più variabili reali. Teorema delle funzioni implicite. Teorema di invertibilità locale. Massimi e minimi vincolati. Teorema dei moltiplicatori di Lagrange. Misura di Lebesgue: Plurintervalli. Misura di un aperto. Misura di un compatto. Misura interna e esterna. Definizione di misurabilità di un insieme secondo Lebesgue. Proprietà degli insiemi misurabili. Integrale di Lebesgue: Funzioni semplici. Funzioni misurabili e sommabili. Confronto tra l'integrale di Riemann e l'integrale di Lebesgue. Relazione tra integrale di una funzione e misura del suo sottografico. Teoremi di passaggio al limite sotto il segno di integrale: Teorema di Beppo Levi, Lemma di Fatou, Teorema di convergenza dominata di Lebesgue. Derivazione sotto il segno di integrale di Lebesgue. Teorema di Fubini-Tonelli. Teorema del cambiamento di variabili. Curve e lunghezza di una curva. Curve orientate. Campi vettoriali chiusi e esatti. Teorema di Poincaré.

Testi consigliati

E. GIUSTI, *Analisi Matematica II*, Bollati Boringhieri, Torino.

J.P. CECCONI, G. STAMPACCHIA, *Analisi matematica II*, secondo Volume, *Funzioni di più variabili*, Liguori, Napoli.

ANALISI NUMERICA**Docente: Giulio Casciola**

Tipo: (100 ore di lezione, 2 unità didattiche, terzo anno)

Esame: scritto e orale

Scopo del corso: Dare i fondamenti del calcolo numerico.

Contenuto del corso: Numeri finiti e aritmetica floating point; sistemi lineari: metodi diretti e metodi iterativi; calcolo degli autovalori e autovettori di una matrice; funzioni polinomiali; interpolazione polinomiale; funzioni spline di interpolazione; approssimazione; equazioni non lineari; integrazione numerica; metodi numerici per le equazioni differenziali. Il corso prevede un'attività di laboratorio, che ne costituisce parte integrante, in cui si utilizza il sistema MATLAB.

Testi consigliati

D. BINI, M. CAPOVANI, O. MENCHI, *Metodi numerici per l'algebra lineare*, Zanichelli (1988).

R. BEVILACQUA, D. BINI, M. CAPOVANI, O. MENCHI, *Metodi numerici*, Zanichelli (1992).

L. ELDEN, L. WITTMAYER-KOCH, *Numerical analysis an introduction*, Academic Press (1990).

ARCHITETTURA DEGLI ELABORATORI

Docente: Marco Rocchetti

Tipo: 70 ore di lezione + esercitazioni, 2 unità didattiche, I anno

Esame: scritto/orale, con presentazione di progetti intermedi

Scopo del corso: Il corso si propone di presentare l'architettura di un sistema di elaborazione basato su microprocessore, mettendone in luce sia gli aspetti teorici che le scelte progettuali e le tecniche implementative. Della suddetta architettura vengono discussi in dettaglio: il livello delle logiche digitali, il livello della macchina microprogrammata, il livello macchina convenzionale ed il livello del linguaggio assembly.

Contenuto del corso:

- Caratterizzazione del Corso: Strutturazione Gerarchica Processi di Traduzione ed Interpretazione, Organizzazione Hardware, Processo di Esecuzione.
- Rappresentazione dell'Informazione negli Elaboratori: Rappresentazione dei Numeri Naturali e Relativi, Codici di Comunicazione, Rappresentazioni Indirette, Rappresentazione dei Numeri Frazionari, Rappresentazione IEEE 754.
- Livello delle Logiche Digitali: Porte Logiche ed Elementi di Algebra di Boole, Principali Circuiti Logici Digitali, Sintesi e Analisi di Circuiti Combinatori, Full Adder e ALU, Sintesi e Analisi di Circuiti Sequenziali, Latch, Flip-Flop, Contatori, Memoria, Bus, I/O chips, Memory-Mapped I/O.
- Livello della Microarchitettura: Data Path, Microistruzioni, Processo di Esecuzione e Implementazione, Tecniche di Microprogrammazione, Un Esempio di Microarchitettura, Un Esempio di Macroarchitettura, Un Esempio di Microprogramma.
- Livello Macchina Convenzionale: Formato delle Istruzioni, Modalità di Indirizzamento, Controllo del Flusso, Procedure e Coroutine, Trap e Interrupt.
- Aspetti Prestazionali: Elementi di Valutazione delle Prestazioni, Pipelining, Gerarchie di Memoria.
- Livello del Linguaggio Assembly: Introduzione, Il Processo di Assemblaggio, Linking e Loading.
- Assembler per il Processore MC68000: Architettura del MC68000, L'Assemblatore, Istruzioni per il Controllo del Flusso, Modalità di Indirizzamento, Sottoprogrammi, Interazione con i Dispositivi di I/O.

Testi consigliati

A.S. TANENBAUM, *Structured Computer Organization*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs (NJ), 1990.

D.A. PATTERSON, J.L. HENNESSY, *Computer Organization and Design - The HW/SW Interface*, Morgan Kaufmann, San Mateo (CA), 1994.

J. BACON, *The Motorola MC68000*, Prentice-Hall International (UK), 1989.

F. LUCCIO, L. PAGLI, *Reti Logiche e Calcolatore*, Boringhieri, Torino, 1986.

BASI DI DATI E SISTEMI INFORMATIVI**Docente: Paolo Ciaccia****Tipo:** 90 ore di lezione, due unità didattiche, III anno**Esame:** Scritto, con colloquio orale integrativo

Scopo del corso: Fornire i principi di base della tecnologia dei sistemi di gestione di basi di dati (DBMS) e del modello relazionale dei dati. Approfondire aspetti teorici importanti per la progettazione di basi di dati. Fornire strumenti per la risoluzione efficiente di interrogazioni ad una base di dati.

Contenuto del corso: Sistemi di gestione di basi di dati: funzionalità di base e principali moduli. Modelli dei dati: modello gerarchico e modello reticolare (cenni), modello relazionale, forme normali, modello Entity-Relationship. Linguaggi per basi di dati: algebra relazionale, SQL. Teoria delle dipendenze e della normalizzazione: chiusura di un insieme di dipendenze, assiomi di Armstrong (correttezza e completezza), chiusura di un insieme di attributi, decomposizioni che preservano le dipendenze e i dati. Algoritmo di sintesi di schemi in 3NF. Ottimizzazione di interrogazioni mono-relazionali: metodi di accesso, costi di aggiornamento di dati e indici. Ottimizzazione di interrogazioni Select-Project-Join: algoritmi di join (nested-loop, sort-merge, merging-scan, hash-join), esecuzione di join in pipeline, enumerazione dei piani di accesso, valutazione dei costi. Gestione delle transazioni: proprietà ACID, controllo della concorrenza, livelli di isolamento. Protezione dai guasti: undo, redo, restart, checkpoint. Protocollo di commit atomico a due fasi.

Testi consigliatiCIACCIA, MAIO, *Lezioni di Basi di Dati*, Esculapio, 1996.ATZENI, CERI, PARABOSCHI, TORLONE, *Basi di Dati: concetti, linguaggi e architetture*, McGraw-Hill, 1996.ATZENI, DE ANTONELLIS, *Relational Database Theory*, Benjamin Cummings, 1993.GARDARIN, VALDURIEZ, *Relational Databases and Knowledge Bases*, Addison-Wesley, 1989.ULLMAN, *Basi di Dati e Basi di Conoscenza*, Jackson, 1992.**CALCOLO DELLE PROBABILITÀ E STATISTICA MATEMATICA****Docente: Massimo Campanino****Tipo:** 60 ore di lezione, 1 unità didattica, terzo anno**Esame:** scritto e orale

Scopo del corso: Introdurre gli elementi di base del Calcolo delle Probabilità e della Statistica Matematica con cenni a catene di Markov in tempo discreto e continuo e alla teoria delle code.

Contenuto del corso: Numeri aleatori. Eventi. Insieme dei valori possibili. Operazioni aritmetiche e logiche su eventi e numeri aleatori. Indipendenza logica. Costituenti.

Definizione operativa della previsione di un numero aleatorio. Valutazioni coerenti della previsione. Convessità, linearità. Teorema delle probabilità totali. Valutazioni coerenti della probabilità di un evento date le probabilità di altri eventi.

Caso di partizioni in eventi equiprobabili. Analisi combinatoria: numero delle successioni, disposizioni, permutazioni, combinazioni. Formula di Stirling.

Previsione e probabilità subordinate (o condizionate). Teorema delle probabilità composte per la previsione subordinata coerente di un numero aleatorio X dato un evento H . Verosimiglianza. Probabilità subordinate a una partizione. Dipendenza e indipendenza stocastica; correlazione positiva e negativa per coppie di eventi. Indipendenza stocastica per un insieme di eventi (più forte della indipendenza stocastica a coppie). Prove di Bernoulli. Indipendenza stocastica fra partizioni finite.

Noncorrelazione; correlazione (positiva o negativa). Scostamenti e scarti. Varianza, covarianza, coefficiente di correlazione. Diseguaglianza di Chebychev.

Probabilità di avere k successi in n prove di Bernoulli. Distribuzione binomiale. Distribuzioni di numeri aleatori con numero finito o infinità numerabile di valori possibili. Distribuzione di Poisson come limite della distribuzione binomiale. Distribuzione geometrica. Calcolo della media e della varianza per le distribuzioni considerate. Distribuzione del k -esimo successo in prove di Bernoulli.

Distribuzioni assolutamente continue. Funzione di ripartizione. Densità di probabilità. Distribuzione uniforme. Distribuzione esponenziale. Distribuzione normale. Stima della probabilità delle code della distribuzione normale. Integrale di Stieltjes. Convergenza di funzioni di ripartizione. Calcolo della previsione e della varianza.

Teorema del limite locale di De Moivre-Laplace per la distribuzione binomiale. Teorema del limite integrale.

Distribuzioni congiunte di due numeri aleatori. Caso assolutamente continuo. Densità marginale. Densità subordinata o condizionata. Indipendenza.

Distribuzione della somma di due numeri aleatori. Distribuzione normale congiunta. Previsione subordinata. Varianza subordinata. Indipendenza.

Distribuzioni congiunte di più di due numeri aleatori. Caso assolutamente continuo. Densità marginale. Densità subordinata o condizionata. Indipendenza stocastica. Distribuzione normale congiunta per n numeri aleatori. Calcolo delle previsioni, delle varianze e delle covarianze. Distribuzione gamma.

Introduzione ai processi stocastici. Processi stazionari. Processi di Markov. Processo di Poisson. Funzione generatrice. Catene di Markov in tempo discreto. Caso omogeneo. Classi di equivalenza, periodi. Calcolo delle probabilità di transizione in n passi. Stati ricorrenti e transienti. Distribuzioni stazionarie. Convergenza a distribuzione stazionaria. Catene di Markov con stati assorbenti.

Catene di Markov col tempo continuo. Equazioni di Chapman Kolmogorov. Equazioni di Kolmogorov in avanti e all'indietro. Processi omogenei. Processi di pura nascita. Processi di nascita e morte. Ricerca di distribuzioni invarianti: esempi di processi di coda con tempi esponenziali. Soluzione delle equazioni in avanti di Kolmogorov per processi omogenei con un numero finito di stati.

Riordinamenti di n numeri aleatori indipendenti con la distribuzione uniforme nell'intervallo $[0,1]$. Inferenza statistica sulla distribuzione binomiale. Asintotica normalità per la distribuzione a posteriori riscalata. Inferenza statistica per la media della distribuzione normale. Inferenza statistica per la varianza della distribuzione normale. Inferenza statistica per la media e la varianza (insieme) della distribuzione normale.

Testi consigliati

B. DE FINETTI. *Teoria delle Probabilità*. Einaudi (Torino) (1970)

D. V. LINDLEY. *Introduction to Probability and Statistics*. Vol. 1 e 2. Cambridge University Press (1965).

W. FELLER. *An Introduction to Probability Theory and Its Applications*. Vol. I. Wiley, New York(1968).

K. S. TRIVEDI. *Probability and Statistics with Reliability, Queing and Computer Science Applications*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ (1982).

P. BALDI. *Calcolo delle Probabilità e Statistica*. Mc Graw-Hill (1992).

L. DABONI. *Calcolo delle Probabilità ed elementi di Statistica*. Utet (1992).

CRITTOGRAFIA

Docente: Roberto Segala

Tipo: 40 ore, complementare

Scopo del corso: Il corso esplora i fondamenti della crittografia con particolare enfasi alla crittografia moderna e al ruolo che la teoria della complessità ha avuto nello sviluppo degli algoritmi più avanzati. Gli argomenti coperti includono algoritmi di codifica a chiave privata e pubblica, firme digitali, funzioni hash, generazione di numeri pseudo-casuali, e sistemi zero-knowledge. A puro titolo di esemplificazione dei protocolli sopra descritti, il corso si conclude con una descrizione sommaria di alcuni protocolli di votazione elettronica e di pagamento elettronico.

Contenuto del corso:

Parte 1: Crittografia di base. Introduzione. Crittografia classica (DES, IDEA). Semplici protocolli di comunicazione (CBC). Elementi di teoria dei numeri. Trasmissione di un bit sicuro (logaritmo discreto). Crittografia a chiave pubblica (Diffie-Helman). Funzioni one way e one way trapdoor, RSA. Funzioni hash one way. Firme digitali (blind signatures). Generazione di numeri pseudo casuali. Funzioni casuali.

Parte 2: Protocolli avanzati. Schemi di codifica a threshold. Dimostrazioni. Zero-Knowledge: definizione, esempi, non-interactive proofs.

Parte 3: Esempi di applicazioni. Votazione elettronica. Pagamento elettronico (blind signatures):definizione, criteri, alcuni protocolli.

ELABORAZIONE DI IMMAGINI**Docente:** Pierluigi Battistini**Tipo:** semestrale**FISICA GENERALE I****Docente:** Sandro Rambaldi**Tipo:** 80 ore di lezione, due unità didattiche, secondo anno**Esame:** scritto e orale

Scopo del corso: Il corso intende fornire una panoramica generale della meccanica e della termodinamica e le basi per la risoluzione di semplici problemi.

Contenuto del corso:

- Teoria della misura - Cinematica del punto - Dinamica del punto
- Lavoro ed energia - Sistemi di particelle - Teoria dell'urto
- Cinematica rotazionale - Dinamica rotazionale - Momento Angolare
- Statica dei Corpi rigidi - Oscillazioni - Gravitazione
- Statica dei Fluidi - Dinamica dei Fluidi - Temperatura
- Teoria cinetica dei gas - Primo principio della termodinamica
- Entropia - Secondo principio della termodinamica.

Testi consigliatiRESNICH, HALLIDAY e KRANE, *Fisica Vol. 1*, Ed. CEA, Milano.ROSATI, *Fisica Generale Vol. 1*, Ed. CEA, Milano.BLUM, ROLLER, *Fisica Vol. 1*, Zanichelli, Bologna.FOCARDI, *Problemi di Fisica Generale Vol. 1*, Ed. Cea, Milano.**FISICA GENERALE II****Docente:** Maurizio Spurio**Tipo:** 60 ore di lezione, 1 unità didattica, terzo anno**Esame:** Orale, con prova di ammissione scritta (valida sino alla sessione successiva) oppure prove intermedie durante il corso.

Scopo del corso: Dare le nozioni fondamentali di elettromagnetismo e della natura delle onde elettromagnetiche. Gli esercizi e le applicazioni sono orientate alla comprensione dei problemi connessi con il trasferimento di segnali.

Contenuto del corso: Conservazione e quantizzazione della carica elettrica. Il campo elettrico e la legge di Gauss. Campi conservativi. Energia potenziale elettrostatica. Energia associata al campo elettrico. Condensatori. La corrente elettrica e i meccanismi della conduzione. La legge di Ohm. Circuiti in corrente continua. Sorgenti del campo magnetico. La legge di Ampere. Forza elettromotrice indotta. La legge di Faraday-Neumann-Lenz. Campi elettrici indotti e conservazione dell'energia. Energia associata al campo magnetico. Circuiti in corrente alternata. Trasformatori, raddrizzatori ed alimentatori. Le equazioni di Maxwell in forma integrale. Onde elettromagnetiche (OEM) dalle equazioni di Maxwell. Proprietà delle OEM. Generazione e rivelazione di una OEM. Lo spettro elettromagnetico. Fenomeni fisici (su scala macroscopica, atomica e nucleare) che producono onde elettromagnetiche.

Testi consigliati

R. WOLFSON, J. PASACHOFF, *Fisica (vol. 2)*, Zanichelli.

D. HALLIDAY, R. RESNIK, *Fisica 2*, Ambrosiana.

Altri testi previa consultazione del docente. Disponibili dispense del corso.

INFORMATICA TEORICA

Docente: Roberto Gorrieri

Tipo: 100 ore di lezione, annuale

Esame: prova scritta di ammissione, seconda prova scritta di valutazione, prova orale facoltativa.

Scopo del corso: Fornire le conoscenze sulle fondamenta teoriche dell'informatica; in particolare, si tratteranno la teoria degli automi e dei linguaggi formali, la teoria della computabilità e le tecniche per definire la semantica dei linguaggi di programmazione.

Contenuto del corso: Il corso é suddiviso in tre sottoparti strettamente correlate.

1. *Linguaggi formali:* Gerarchia di Chomsky per le grammatiche e i linguaggi; generazione e riconoscimento. Automi a stati finiti deterministici e non deterministici; automa minimo; proprietà di chiusura e decidibilità dei linguaggi regolari. Operazioni algebriche tra stringhe e linguaggi; espressioni regolari. Linguaggi liberi; teorema "uvvxy"; decidibilità; automi a pila non deterministici. Cenni sui linguaggi liberi deterministici, sulle proprietà dei linguaggi dipendenti da contesto ed a struttura di frase; automi limitati linearmente e automi di Turing.

2. *Elementi di Teoria della Calcolabilità:* Prerequisiti di ogni nozione di algoritmo; questioni di cardinalità delle funzioni numeriche e di quelle intuitivamente calcolabili. Macchine di Turing e funzioni Turing calcolabili; enumerazioni di Godel; macchine di Turing universali. Funzioni calcolabili generali; calcolabilità effettiva e non effettiva; tesi di Church. Insiemi ricorsivi e ricorsivamente enumerabili. Il teorema di ricorsione di Kleene ed il teorema di Rice. Ricorsione primitiva; la funzione di Ackermann. Operatore di

minimizzazione e funzioni ricorsive generali.

3. *Semantica dei linguaggi di programmazione*: Panoramica sugli approcci operativo, denotazionale e assiomatico per il semplice linguaggio imperativo WHILE. Semantica operativa: sistemi di transizione; semantica naturale e semantica operativa strutturata per WHILE; teorema di equivalenza; blocchi e procedure; scoping statico e dinamico; verifica formale di correttezza di un compilatore. Semantica denotazionale: richiami di teoria degli ordinamenti parziali; teorema del punto fisso e sue applicazioni; semantica denotazionale diretta per WHILE; semantica diretta per blocchi e procedure; semantica denotazionale per continuazione; gestione delle eccezioni. Cenni a tecniche di dimostrazione formale di proprietà di programmi.

Testi consigliati

M. AIELLO, A. ALBANO, G. ATTARDI E U. MONTANARI, *Elementi di Teoria della Computabilità, Logica, Teoria dei Linguaggi Formali*. Ed. Tecnico Scientifica, Pisa

H.R.NIELSON, F.NIELSON, *Semantics with Applications: An Introduction*, Wiley, 1992.

J.E. HOPCROFT E J.D. ULLMAN, *Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation*, Addison-Wesley, 1979.

INGEGNERIA DEL SOFTWARE

Docente: Paolo Ciancarini

Tipo: 70 ore di lezione, due unità didattiche, quarto anno

Esame: Elaborato di gruppo costruito in tre fasi:

- inizio: proposta di studio di fattibilità (prima di Natale)
- prima fase: analisi dei requisiti (consegna verso il 15/1)
- seconda fase: specifica formale in Z (consegna fine Febbraio)
- terza fase: progetto UML o prototipo Java (consegna prima dell'orale). Il documento finale viene discusso all'orale

Scopo del corso: Il corso presenta i metodi, le tecniche e gli strumenti fondamentali di analisi e progetto di sistemi software complessi da un punto di vista architettonico, mediante la discussione dei principali paradigmi di processo di sviluppo di prodotti software di qualità, con particolare enfasi sulla parte di analisi/specifica dei requisiti e progettazione a oggetti distribuiti. Si porrà enfasi su notazioni e strumenti formali per specificare (UML), documentare e ragionare sull'architettura di sistemi software distribuiti, puntando a presentare esempi concreti tratti da sistemi commerciali a oggetti (es. CORBA, DCOM) o su larga scala (es. World Wide Web), usando linguaggi a oggetti di ultima generazione (Java).

Contenuto del corso:

- Metodi e strumenti di produzione del SW
- Fasi e modelli del processo di produzione
- Notazioni di specifica dei requisiti; la notazione Z e i suoi strumenti
- Progetto centrato su prototipi; linguaggi logici; animazione di Z
- Progetto formale di architetture software; Larch
- Progettazione architeturale: a oggetti, a componenti
- Linguaggi a oggetti attivi/distribuiti; Java
- Metriche di misura di qualità del software a oggetti
- Piattaforme per componenti: CORBA, DCOM
- Specifica di progetto UML

Testi consigliati

C. GHEZZI e altri, *Ingegneria del Software*, Mondadori 1991.

W. SCHACH, *Software Engineering with Java*, Irving Press, 1997

INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Docente: Giorgio Casadei.

Tipo: 64 ore di lezione e 32 di esercitazioni

Esame: orale con discussione di un progetto

Scopo del corso. Discutere e applicare le metodologie di base e gli strumenti appropriati per la realizzazione di sistemi “intelligenti” che, nella soluzione di problemi, simulano il comportamento di esperti umani della disciplina in oggetto. Questo obiettivo viene articolato in tre fasi.

- Gli strumenti di sviluppo e le architetture dei sistemi “intelligenti”.

- Le metodologie di soluzione di problemi in Intelligenza Artificiale e la progettazione e l'implementazione di problem-solver e di prototipi di (semplici) agenti intelligenti e di sistemi esperti.

- Progettazione e implementazione di prototipi sperimentali (progetti da discutere all'esame) utilizzabili anche via Internet.

Contenuto del corso:

Complementi di programmazione PROLOG. Rappresentazione della conoscenza, lo spazio degli stati e il problema della ricerca. La ricerca cieca (in profondità e in larghezza) e la ricerca guidata da euristica (best-first).

Alberi AND/OR, sistemi formali, deduzioni e dimostrazioni automatiche.

Sistemi a regole, agenti intelligenti e sistemi esperti.

Il ragionamento automatico e le tecniche di gestione dell'incertezza.

I principali algoritmi per l'apprendimento automatico.

Comunicazione e percezione: agenti che comunicano.

Illustrazione di alcune applicazioni notevoli (problem-solving, pianificazione,

linguaggio naturale e Intelligent Tutoring Systems).

Testi consigliati.

I. BRATKO: *PROLOG programming for Artificial Intelligence*. Addison Wesley.

S.J. RUSSELL E P. NORVIG: *Intelligenza Artificiale*. UTET-Prentice Hall. 1998.

R. SHINGHAL: *Formal Concepts in Artificial Intelligence - Fundamentals*. Chapman&Hall.

SHOHAM: *Artificial Intelligence Techniques in PROLOG*. Morgan Kaufmann.

INTERAZIONE UOMO-MACCHINA

Docente: Fabio Vitali

Tipo: 80 ore di lezione, due unità didattiche, quarto anno

Esame: orale + progetto

Scopo del Corso: Da una parte, introdurre concetti, tecniche e sistemi per la progettazione dell'interazione tra un sistema informatico e gli esseri umani a cui è destinato; dall'altra, introdurre i principali protocolli, linguaggi e tecnologie connesse con il World Wide Web.

Contenuto del Corso

Interazione uomo-macchina: Caratteristiche fisiche e psicologiche degli esseri umani. Tipologia dei device di input ed output. Stili di interazione. Il design dell'interazione: user-centered design, task-centered design. Supporto per il design: tool, linee guida, standard e metriche di design. La valutazione dell'interfacce: monitoraggio, benchmarking, valutazione. Le interfacce grafiche: storia, evoluzione, caratteristiche, programmazione.

Tecnologie per il World Wide Web: Gli enti di standard: ISO, IETF, W3C. I documenti elettronici (Postscript, PDF, ecc.). Gli ipertesti: storia e concetti. Universal Resource Identifier (URI), HyperText Transfer Protocol (HTTP), WebDAV, Standard Generalized Markup Language (SGML), HyperText Markup Language (HTML), Cascading Style Sheets (CSS), Scripting Languages, Extensible Markup Language (XML), Extensible Stylesheet Language (XSL), XPointer e XLink, Resource Description Framework (RDF), formati grafici per il WWW.

Testi consigliati

J. PREECE, Y. ROGERS, H. SHARP, D. BENYON, S. HOLLAND, T. CAREY, *Human Computer Interaction*, Addison Wesley, 1994

B. SHNEIDERMAN, *Designing the User Interface*, Addison Wesley, Third Edition, 1998

E. WILDE, *Wilde's WWW*, Springer Verlag, 1999.

L'intero contenuto del sito <http://www.w3.org/>

LABORATORIO DI INFORMATICA 1**Docente: Lorenzo Donatiello****Tipo:** 70 ore di lezione, 2 unità didattiche, primo anno**Esame:** scritto e orale

Scopo del corso: Il corso introduce un linguaggio di programmazione (Pascal, dall'anno accademico 1999-2000: linguaggio C), analizzando le varie componenti linguistiche e motivandole attraverso esempi. Non si richiede alcuna esperienza di programmazione.

Contenuto del corso: Il linguaggio di programmazione Pascal, la macchina astratta, esecuzione di un programma, implementazione di un linguaggio. Backus-Naur form, il vocabolario di Pascal, i commenti, la struttura dei programmi. Tipi di dato elementari: interi, reali, caratteri, booleani, tipi enumerati, subrange types.

Dichiarazioni: costanti, variabili, ordine delle dichiarazioni di identificatori.

Espressioni e Comandi: Sintassi delle espressioni, regole di valutazione, precedenza degli operatori, comandi semplici e strutturati, il comando di assegnamento.

Input e output dei dati: write, writeln, read, readln, files, operazioni di lettura e scrittura.

Comandi strutturati: comando composto, composizione sequenziale, implementazione, binding; comandi iterativi: while, repeat, for, implementazione; comandi condizionali: if-then, if-then-else, case.

Procedure e funzioni: sintassi, struttura a blocchi e portata delle dichiarazioni; passaggio dei parametri: passaggio per valore e per variabile, funzioni, binding statico, variabile libera, side effects, implementazione, procedure e funzioni come parametri, ricorsione, mutua ricorsione, implementazioni di procedure e funzioni ricorsive, trasformazione di un programma iterativo in ricorsivo.

Gli Array, Record e Puntatori.

Testi consigliati

J. WELSH, J. ELDER, *Introduction to Pascal*, Prentice Hall International Series in Computer Science, 1988.

W. SAVITCH. *Pascal: an introduction to the art and science of programming*, Benjamin-Cummings, 1997.

LABORATORIO DI INFORMATICA 2**Docente: Renzo Davoli****Tipo:** 70 ore di lezione, 2 unità didattiche, secondo anno**Esame:** scritto e orale, integrato con il corso «Sistemi Operativi»

Scopo del corso: Il corso ha lo scopo di presentare i più moderni e diffusi sistemi

operativi disponibili per workstation e su personal computer. I contenuti si concentrano sulla programmazione di sistema in C e C++, la manutenzione sia di sistemi singoli che di sistemi interconnessi in rete. Le esercitazioni didattiche del corso prevedono lo studio della struttura dei moderni sistemi operativi tramite l'implementazione di prototipi didattici di sistemi operativi o di parti rilevanti.

Contenuto del corso:

- Introduzione a Unix; visione utente
- Installazione e gestione di un sistema Unix isolato
- I linguaggi di Programmazione C e C++
- Standard e livelli di compatibilità dei sistemi Unix
- La programmazione di sistema in Unix
- Unix su PC: Linux
- I Servizi di rete Internet: posta elettronica, connessione remota, WWW, news, ftp etc.
- Amministrazione dei servizi di rete in un sistema UNIX
- Architettura dell'emulatore MPS da utilizzare per lo svolgimento delle esercitazioni didattiche.

Testi consigliati

STEVENS, *Advanced Programming in Unix*, Addison-Wesley, 1992.

HAHN, *Student's Guide to UNIX*, McGraw Hill, 1996.

KERNIGHAN RITCHIE, *Il linguaggio di programmazione C*, Jackson Ed, 1989.

STROUSTRUP, *The C++ programming language*, Addison-Wesley, 1997

LABORATORIO DI INFORMATICA 3

Docente: Paolo Ciaccia

Tipo: 40 ore di lezione, 1 unità didattica, terzo anno

Esame: Sviluppo di due elaborati di progetto, con colloquio orale integrativo.

Scopo del corso: Scopo del corso è introdurre i principali metodi di organizzazione dei dati su dispositivi di memoria secondaria ed una metodologia per la progettazione di basi di dati relazionali. La parte di laboratorio intende permettere allo studente di applicare a casi concreti quanto appreso a lezione.

Contenuto del corso: Dispositivi di memoria secondaria. Algoritmi di ordinamento esterno. Metodi di accesso per basi di dati relazionali: B-tree, B+-tree, strutture hash dinamiche, funzioni hash perfette, signature file. Metodi di accesso spaziali (N-dimensionali): indici per punti (kD-tree, kDB-tree, hB-tree, Grid file), trattamento di oggetti estesi (trasformazione dello spazio, R-tree, R+-tree). Progettazione di basi di dati relazionali: analisi dei requisiti, progettazione concettuale basata sul modello E/R, integrazione di viste, progettazione logica, progettazione fisica (cenni).

Testi consigliati

CIACCIA, MAIO, *Lezioni di Basi di Dati*, Esculapio, 1996.

ALBANO, *Basi di Dati - Strutture e algoritmi*, Addison-Wesley, 1992.

BATINI, CERI, NAVATHE, *Conceptual Database Design - An Entity-Relationship approach*, Benjamin Cummings, 1992.

MANNILA, R., *The Design of Relational Databases*, Addison-Wesley, 1992.

CANNAN, OTTEN, *Il manuale SQL*, McGraw-Hill, 1994.

Dispense e letteratura specialistica a cura del docente

LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE

Docente: Andrea Asperti

Tipo: 80 ore, 2 unità didattiche, quarto anno

Esame: un progetto ed un prova scritta

Scopo del corso: Il corso intende discutere le caratteristiche salienti, sia sintattiche che operazionali, dei linguaggi di programmazione partendo dallo studio della loro implementazione.

Contenuto del corso: Il corso si articola in modo naturale sulla struttura stessa del processo compilativo: analisi lessicale, analisi sintattica, semantica statica, macchine astratte, generazione del codice intermedio, ottimizzazioni e generazione del codice target.

Testi consigliati

A.V. AHO, R. SETHI, J.D. ULLMAN, *Compilers. Principles, Techniques and Tools*, Addison-Wesley, 1986.

LOGICA MATEMATICA

Docente: Cesare Parenti

Tipo: Semestrale, 2. anno

Esame: Orale

Scopo del corso: fornire strumenti di base nel Calcolo Proposizionale e nel Calcolo dei Predicati

Contenuto del corso

- Linguaggi proposizionali: Sintassi e Semantica. Forme normali di frasi, Completezza funzionale. Soddisfacibilità. Compattezza semantica.

- Metodo di deduzione naturale. Correttezza e completezza.
- Metodo di risoluzione per clausole, nel caso proposizionale. Correttezza e completezza (per insoddisfacibilità).
- Logica dei predicati e linguaggi del prim'ordine. Variabili libere e legate, quantificatori e loro ambito. Modelli, assegnazioni e interpretazioni. Soddisfacibilità. Forma normale prenessa e algoritmo di Skolem. Espansione di Herbrand per enunciati e teorema di Herbrand-Skolem.
- Deduzione naturale al prim'ordine. Correttezza e completezza.
- Metodo di risoluzione al prim'ordine. Correttezza e completezza per insoddisfacibilità.

Testo consigliato

A. ASPERTI, A. CIABATTONI, *Logica a Informatica*, McGraw-Hill.

MATEMATICA COMPUTAZIONALE

Docente: Giulia Spaletta

Scopo del corso: Il corso vuole essere una introduzione al Calcolo Simbolico, in un particolare ambiente di Algebra Computerizzata, quello di Mathematica. In questo ambiente si può svolgere del Calcolo Numerico (calcolo con i numeri), del Calcolo Simbolico (calcolo con formule che coinvolgono lettere e simboli), della Grafica; si possono risolvere problemi, ma soprattutto ottenere un aiuto per capire sia gli aspetti teorici che applicativi dei problemi stessi.

Contenuti del corso

- Introduzione al sistema Mathematica. Il kernel; i notebook.
- Introduzione alla programmazione nel linguaggio Mathematica.
- Risorse grafiche e di visualizzazione.
- Utilizzo delle capacità del sistema per l'analisi e la soluzione di un particolare problema applicativo, di interesse per lo studente, tramite lo sviluppo di un package nella Versione 3.0 o successive.

Testi Consigliati

S. WOLFRAM, *The Mathematica Book*, terza edizione, Wolfram Media, 1996.

T. WICKHAM-JONES, *Mathematica graphics: techniques & applications*, Telos-Springer, 1994.

R.J. GAYLORD, S.N. KAMIN, P.R.WELLIN, *An Introduction to Programming with Mathematica*, seconda edizione, Telos-Springer, 1996.

D.B. WAGNER, *Power Programming with Mathematica. The Kernel*, McGraw-Hill, 1996.

R. MAEDER, *The Mathematica Programmer I e II*, Academic Press, 1994 e 1996.

Si invita anche a consultare il sito: <http://www.cs.unibo.it/~giulia>

MATEMATICA DISCRETA**Docente:** Calogero Tinaglia**Tipo:** 90 ore di lezioni, annuale, primo anno**Esame:** Scritto e orale

Scopo del corso: Fornire parte del linguaggio algebrico di base e illustrare gli elementi fondamentali delle strutture algebriche e dell'algebra lineare per poterle riconoscere e utilizzare.

Contenuto del corso: Numeri. Congruenze. Numeri complessi. Insiemi e corrispondenze, applicazioni. Relazioni: Equivalenze e ordinamenti. Cardinalità. Insiemi finiti. Insiemi discreti. Calcolo combinatorio. Reticoli. Strutture algebriche. Gruppi. Sottogruppi. Gruppi ciclici. Sottogruppi normali. Il gruppo quoziente. Omomorfismi. Il gruppo S_n . Il gruppo alterno A_n . Anelli. Anelli commutativi. Anelli con identità. Domini d'integrità. Campi. Ideali. Omomorfismi. Anelli quoziente. Caratteristica. Domini euclidei. Polinomi. Anelli booleani. Algebre di Boole. Spazi vettoriali. Sottospazi. Varietà lineari. Dipendenza lineare. Basi. Dimensione. Matrici. Caratteristica di una matrice. Riduzione di una matrice. Prodotto di matrici. Matrici quadrate. Determinanti. Matrici invertibili. Cambiamenti di base. Sistemi lineari. Risoluzione dei sistemi lineari. Sistemi lineari omogenei. Sistemi lineari e varietà lineari. Varietà lineari in forma parametrica ed in forma cartesiana. Varietà lineari in R^2 e R^3 . Prodotto scalare. Spazi euclidei. Basi ortonormali. Sottospazi ortogonali. Matrici unitarie. Cambiamenti di coordinate nello spazio euclideo reale. Varietà lineari in uno spazio euclideo reale. Parallelismo e perpendicolarità tra due varietà lineari in R^2 e R^3 . Applicazioni lineari. Isomorfismi. Autovalori ed autovettori di un endomorfismo lineare. Polinomio caratteristico. Endomorfismi lineari semplici. Spazi euclidei isomorfi. Matrici unitarie. Isometrie. Endomorfismi autoaggiunti. Forme bilineari. Forme quadratiche.

Testi consigliatiM. BARNABEI - F. BONETTI, *Matematica discreta elementare*, Pitagora (Bologna).A. FACCHINI, *Algebra x Informatica*, Decibel (Padova) Zanichelli (Bologna).A. ALZATI - M. BIANCHI, *Algebra Esercizi e test di autovalutazione per Scienze dell'Informazione*, Città studi (Milano).S. GRECO - P. VALABREGA, *Lezioni di algebra lineare e geometria analitica*, Vol. I, Levrotto & Bella (Torino).**METODI DI APPROSSIMAZIONE****Docente:** Carla Guerrini**Tipo:** 40 ore, 1 unità didattica,**Esame:** Orale

Scopo del corso: Fornire principi di base dei metodi di approssimazione con particolare riferimento ai problemi che sorgono nell'analisi e nella rappresentazione di dati sperimentali.

Contenuto del corso: A partire dalla teoria classica della Migliore Approssimazione mediante polinomi trigonometrici e/o ortogonali si descrivono e si analizzano alcuni algoritmi per il calcolo dell'approssimazione. Successivamente si introducono le funzioni wavelet sia come nuove basi di funzioni che permettono la compressione e localizzazione delle informazioni in modo efficiente di un segnale/immagine o di una funzione in genere, sia come strumento diagnostico inteso nel senso della T. di Fourier per interpretare il contenuto in frequenza. Pertanto gli argomenti trattati sono:

- Richiami su sistemi di Tchebyshev e interpolazione di Lagrange
- Interpolazione di Lagrange e Hermite con polinomi in una variabile
- Interpolazione di Lagrange con polinomi trigonometrici
- Richiami sulla Migliore Approssimazione nel senso dei minimi quadrati
- M.A. con polinomi trigonometrici
- Metodi di calcolo e relazioni di ricorrenza per polinomi ortogonali
- L'operatore serie di Fourier continuo e discreto
- La trasformata rapida di Fourier
- Approssimazione mediante funzioni base wavelet
- Wavelet ortogonali e spline-wavelet semiortogonali.
- Algoritmi ricorrenti per il calcolo dei coefficienti wavelet e delle funzioni scaling
- Il concetto di Analisi in Multirisoluzione
- Le proprietà delle funzioni wavelet e wavelet-packet nel filtraggio e compressione di segnali/immagini e dati sperimentali in genere.
- Algoritmi per il trattamento di segnali non stazionari.

Testi Consigliati

C.K. CHUI, *An introduction to Wavelets*, Academic Press, 1992

G. STRANG, T. NGUYEN, *Wavelets and Filter Banks*, Wellesley-Cambridge Press, 1996

M.J.D. POWELL, *Approximation Theory and Methods*, Cambridge Univ. Press, 1981

J.R. RICE, *The Approximation of Functions*, Addison-Wesley Publ., 1964

METODI FORMALI DELL'INFORMATICA I

Docente: Cosimo Laneve

Scopo del corso: Il corso fornisce una introduzione alla programmazione orientata agli oggetti, prediligendo gli aspetti fondazionali, la verifica (sia statica –tipi– che dinamica –macchine astratte–) e gli aspetti di concorrenza e di mobilità del codice e di

processi. Si assumeranno le conoscenze acquisite nei corsi di Informatica Teorica e Linguaggi di Programmazione.

Contenuto del corso

Il corso è strutturato in tre parti.

Parte 1: I linguaggi object-oriented: aspetti fondazionali. Classi ed oggetti, ricerche di metodo, late-binding, delegazione, sottoclasse e inheritance, semantica operativa. Java e Javascript.

Parte 2: Analisi di linguaggi object-based. Verifica statica: Tipi, subsumption e sottotipo, sottoclasse, covarianza, controvarianza e invarianza, sistemi di inferenza di tipi, tipi principali, algoritmo di inferenza di tipi principali, subject reduction. Aspetti avanzati di Java: il class loading e il fallimento della subject reduction. Verifica dinamica: Teoria assiomatiche, logiche di Hoare, equivalenze osservative.

Parte 3: Concorrenza e Mobilità. Oggetti/Classi concorrenti, mutexes, threads, self-inflicted calls, inheritance anomaly, oggetti distribuiti, migrazione di codice e di agenti, agenti mobili, aspetti di sicurezza. Gli Applet Java, gli Aglet. Obliq.

Testi consigliati

M. ABADI, L. CARDELLI *A theory of objects*. Springer Verlag, 1996.

BIRRELL, NELSON, AND OWICKI: *Network Objects*.

METODI FORMALI DELL'INFORMATICA II

Docente: Nadia Busi

Tipo: 50 ore di lezione, semestrale

Esame: prova orale

Scopo del corso: Fornire conoscenze basilari su sicurezza nelle comunicazioni, utilizzando tecniche di crittografia; analisi formale delle proprietà di sicurezza di alcuni protocolli di comunicazione, da quelli di autenticazione, a quelli di commercio elettronico, quale ad esempio SET. Panoramica su aspetti legali derivanti dalla nuova legge sulla firma digitale.

Contenuto del corso: Il corso è suddiviso in tre parti:

1. Introduzione alla sicurezza: Segretezza, autenticazione, integrità, disponibilità, non ripudiabilità, controllo degli accessi. Come usare la crittografia per garantire sicurezza; crittografia simmetrica e asimmetrica; certificati, firme digitali, doppie firme. Protocolli di autenticazione, di scambio di chiavi di sessione, di commercio elettronico. Il protocollo SET.

2. Specifica e verifica di protocolli crittografici: Un semplice linguaggio di specifica per sistemi concorrenti (SPA). Non interferenza e proprietà di sicurezza. Verifica automatica con il tool Cossec di alcuni protocolli.

3. Aspetti legali: Questa parte del corso, tenuta dalla Dott.ssa Giusella Finocchiaro, é dedicata a discutere aspetti legali dell'informatica, come ad esempio, il valore legale della firma elettronica

Testi consigliati

W. STALLINGS, *Network and Internetwork Security*, Prentice-Hall, 1995.

Verranno distribuite dispense durante il corso per coprire le parti 2 e 3.

METODI NUMERICI PER LA GRAFICA

Docente: Giulio Casciola

Tipo: 100 ore di lezione, 2 unità didattiche, quarto anno

Esame: orale

Scopo del corso: Dare i fondamenti della grafica al calcolatore, trattando algoritmi di base e algoritmi avanzati, e della modellazione geometrica alla base della progettazione assistita al calcolatore (CAD).

Contenuto del corso: Sistemi raster-scan; sistema e programmazione XWindow; algoritmi di grafica di base; trasformazioni geometriche 2D e 3D; trasformazioni di vista; proiezioni prospettiva e parallela; rappresentazione grafica di curve e superfici; algoritmi di rendering con rimozione delle parti nascoste; polinomi di Bernstein-Bezier; funzioni spline; knot-insertion; degree elevation; approssimazione VD con spline; curve e superfici in forma parametrica; modellazione geometrica con curve e superfici spline e spline razionali; approssimazione di forma, interpolazione, approssimazione in norma con curve e superfici; rappresentazione di curve e superfici geometriche classiche e a forma libera; principi di modellazione solida.

Testi consigliati

C. DE BOOR, *A practical guide to splines*, Springer Verlag (1978).

G. FARIN, *Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design: a Practica Guide*, Academic Press (1988).

L. PIEGL, W. TILLER, *The NURBS book*, Springer Verlag (1995).

D.F. ROGERS, J.A. ADAMS, *Mathematical Elements for Computer Graphics*, II edition, McGraw-Hill (1990).

J.D. FOLEY, A. VAN DAM, S.K. FEINER, J.F. HUGHES, *Computer Graphics principles and practice*, II edition, Addison Wesley (1990).

PROGRAMMAZIONE

Docente: Cosimo Laneve

Tipo: 70 ore di lezione, 2 unità didattiche, primo anno

Esame: scritto e orale.

Scopo del corso: Il corso introduce gli elementi essenziali della programmazione, quali la progettazione di algoritmi, l'organizzazione dei dati, l'analisi e la verifica. Non si richiede alcuna esperienza di programmazione.

Novità: nell'anno accademico 1999-2000 il Corso di Programmazione sarà anche SERALE per un numero limitato di studenti.

Contenuto del corso:

Analisi di Algoritmi e Strutture Dati Elementari
Analisi di Algoritmi: la notazione O , Θ , o , modelli per il calcolo della complessità computazionale di algoritmi iterativi e ricorsivi. Array ed algoritmi di ordinamento. Liste, liste con doppi puntatori, liste circolari, pile, code, heap. Alberi, alberi binari, alberi binari di ricerca, alberi AVL. Tabelle Hash, implementazione con array, con liste di trabocco, la funzione hash, open e closed hashing.

La semantica operativa dei linguaggi di programmazione
Sistemi di transizione: configurazioni, transizioni, ambiguità. Semantica operativa delle espressioni: strategie di valutazione; Semantica operativa dei comandi: assegnamento, la memoria, if-then-else, comandi iterativi, equivalenza di comandi; Induzione strutturale: induzione strutturale sulle espressioni e sui comandi, esempi.

Testi consigliati

P.H. CORMEN, C.E. LEISERSON, R.L. RIVEST. *Introduzione agli Algoritmi*, volume 1, Jackson Libri, 1994.

C. LANEVE. *La Descrizione Operazionale dei Linguaggi di Programmazione*, Franco Angeli Editore, Maggio 1998.

RICERCA OPERATIVA

Docente: Aristide Mingozi

Tipo: 35 ore di lezione, 1 unità didattica, quarto anno

Esame: scritto e orale

Scopo del corso: Introdurre i concetti e i risultati standard della programmazione lineare, a variabili continue oppure intere, e della teoria delle reti.

Contenuto del corso: Programmazione lineare: varie formulazioni, metodo del simplesso, dualità, varianti del metodo del simplesso. Programmazione lineare intera e

algoritmi di «branch and bound» e dei piani secanti. Programmazione lineare su reti.

Testi consigliati

V. CHVATAL, *Linear programming*, Freeman and Company, 1983.

R.B. DARST, *Introduction to linear programming. Applications and extensions*, Marcel Dekker, 1991.

HU, *Integer programming and network flows*, 1969.

D.G. LUENBERGER, *Introduction to linear and nonlinear programming*, Addison-Wesley, 1973.

L. MURACCHINI - L. GUIDOTTI, *Programmazione matematica*, UTET, 1985.

R.T. ROCKAFELLAR, *Network flow and monotropic optimization*, Wiley, 1984.

PAPADIMITRIOU-STEIGLITZ, *Combinatorial optimization. Algorithms and complexity*, Prentice Hall, 1982.

A. SCHRIJVER, *Theory of linear and integer programming*, Wiley, 1986.

SISTEMI DI ELABORAZIONE 1

Docente: Alessandro Amoroso

Tipo: 50 ore di lezione, una unità didattica, terzo anno

Esame: scritto e orale

Scopo del Corso: presentare i sistemi distribuiti: concetti fondamentali e meccanismi; analizzare algoritmi per la risoluzione di problematiche tipiche dei sistemi distribuiti; studiare l'uso di sistemi distribuiti per la costruzione di sistemi tolleranti ai guasti.

Contenuto del corso: caratteristiche dei sistemi distribuiti; sistemi sincroni, asincroni, time aware; modelli di computazioni distribuite, misure di complessità; esecuzioni distribuite, eventi, messaggi, stati locali e globali; causalità e consistenza; orologi logici; snapshot distribuiti; proprietà globali e stabili; mutua esclusione; tolleranza ai guasti, modelli di guasto; broadcast affidabile, algoritmi e loro complessità; consenso distribuito e sua impossibilità in sistemi asincroni; checkpointing distribuito e rollback recovery; state machine; primary-backup; message logging; failure detector per sistemi asincroni; sincronizzazione tollerante ai guasti di orologi; database distribuiti, atomic commit; protocolli di commit a due e tre fasi.

Testi consigliati

S. MULLENDER (ED.) *Distributed Systems (second edition)*. Addison-Wesley, 1993, ISBN:0-201-62427-3

H. ATTIYA, J. WELCH, *Distributed Computing, Fundamentals Simulations and Advanced Topics*, McGraw Hill, 1998, ISBN:0-07-709352-6

SISTEMI DI ELABORAZIONE 2

Docente: Fabio Panzieri

Tipo: 60 ore di lezione, quarto anno

Esame: orale, integrato da progetto

Scopo del corso: Illustrare i principi progettuali alla base dell'implementazione dei sistemi distribuiti, fornire quel bagaglio di competenze necessario alla loro progettazione e ingegnerizzazione; offrire un'occasione di sperimentazione progettuale e realizzativa di componenti di un sistema distribuito.

Contenuto del corso: Sistemi «tightly coupled» e sistemi «loosely coupled»; sistemi asincroni, sincroni, e real-time; principali aspetti progettuali: trasparenza, affidabilità, prestazioni, scalabilità, strutturazione (approccio a micro-kernel). Modello architetturale di riferimento: tre livelli gerarchici di astrazione caratterizzati dalle seguenti responsabilità. L0 (kernel): IPC, sincronizzazione, gestione memoria (DSM), gestione processi (threads), scheduling, allocazione processori (load balancing); L1 (sistema): Naming, Filing, Protezione-Autenticazione-Sicurezza; L2 (utente): ftp, email, DBMS, WWW, teleconferenza, etc. Il resto del corso è dedicato a sviluppare in dettaglio gli argomenti relativi ai livelli L0 e L1. Infine, verranno esaminati e confrontati il progetto e l'implementazione di alcuni sistemi distribuiti attualmente operanti. L'insieme dei sistemi selezionati come casi da studiare potrà variare annualmente. Inizialmente, i casi studiati includeranno, ma non saranno necessariamente limitati a: ISIS, HORUS, MACH, DCE, THAOS, CORBA, CHORUS, MARS.

Testi Consigliati:

S. MULLENDER (Ed.), *Distributed Systems* (II edition), Addison Wesley, 1994.

A. S. TANENBAUM, *Distributed Operating Systems*, Prentice Hall International, 1995.

M. JOSEPH (Ed.), *Real Time Systems*, Prentice Hall International, 1996.

Lo studio di casi sarà basato su materiale bibliografico estratto da articoli apparsi in riviste e conferenze internazionali.

SISTEMI DI ELABORAZIONE 3

Docente: Fabio Panzieri

Tipo: 80 ore di lezione, 2 unità didattiche, quarto anno

Esame: Progetto ed esame orale

Scopo del corso: fornire le conoscenze per:

- la progettazione di architetture e protocolli per reti di calcolatori;
- la costruzione di applicazioni distribuite utilizzando i servizi di rete.

Contenuto del corso: Aspetti fondazionali delle reti: instradamento, routing, segmentazione, controllo della congestione, controllo di flusso, controllo e recupero degli errori. Organizzazione a livelli e concetto di protocollo. Architetture OSI e TCP/IP. Reti locali e metropolitane. Protocolli di accesso a canale comune. Protocolli per reti locali e protocolli per reti metropolitane. La valutazione delle prestazioni nei protocolli per reti locali e metropolitane. Reti locali wireless. Interconnessione di reti locali tramite bridge. Il servizio SMDS. Reti geografiche. Architettura X.25 e Frame Relay. ATM: Architettura e protocolli. LAN emulation. Reti locali ATM. Il protocollo IP. Protocolli di routing in Internet. Protocolli per la traduzioni di indirizzi. Internet Protocol versione 6. Protocolli di trasporto TCP ed UDP. Meccanismi dei protocolli. Specifica dei protocolli usando una macchina a stati finiti. Applicazioni TCP/IP. Interfaccia socket. Modello Client Server. Telnet e remote login. Protocollo per il trasferimento dei files (FTP). Posta elettronica, Network File System (NFS). Sicurezza e Firewalls in Internet. Estensioni di Internet per ambienti multimediali. Estensioni di Internet per utenti mobili.

Testi consigliati

L. PETERSON and B. S. DAVIE, *Computer Networks: A Systems Approach*, Morgan Kaufmann, 1996.

W.R. STEVENS, *TCP/IP Illustrated*, Vol. 1, Addison Wesley, 1994.

J.S. GRAY, *Interprocess Communication in UNIX*, Prentice Hall, 1997.

M. CONTI, E. GREGORI, L. LENZINI, *Metropolitan Area Networks*, Springer Verlag, 1997.

J. L. HAMMOND, P.J.P. O'REILLY, *Local Computer Networks*, Addison Wesley, 1988.

SISTEMI DI ELABORAZIONE 4

Docente: Lorenzo Donatiello

SISTEMI OPERATIVI

Docente: Renzo Davoli

Tipo: 70 ore di lezione, due unità didattiche, II anno

Esame: scritto e orale, integrato con il corso «Laboratorio di Informatica 2»

Scopo del corso: Il corso presenta le problematiche teoriche concernenti il progetto di moderni sistemi operativi, con particolare riferimento a quelli tipo UNIX.

Contenuto del corso:

- Storia dei Sistemi Operativi
- Struttura dei Sistemi Operativi

- Programmazione Concorrente
- Richiami di Architettura
- Processi
- Scheduling di CPU
- Deadlock
- Gestione della Memoria, memoria virtuale
- Gestione della memoria secondaria
- File System
- Protezione e Sicurezza
- Cenni di sistemi distribuiti
- Casi di Studio: UNIX, Linux, Windows NT

Testi consigliati

SILBERSHATZ GALVIN, *Operating System Concepts*, Fifth edition, Addison Wesley, 1998.

CROWLEY, *Operating Systems, A Design Oriented Approach*, Irwin, 1997

TANENBAUM WOODHULL, *Operating Systems Design and Implementation*, Prentice Hall, 1997.

ANDREWS, *Concurrent Programming*, Benjamin-Cummings, 1991

SISTEMI PER LA PROGETTAZIONE AUTOMATICA

Docente: Antonio Messina

Tipo: semestrale

TEORIA DELL'INFORMAZIONE

Docente: Luciano Margara

Tipo: 40 ore di lezione, 1 unità didattica, quarto anno

Scopo del corso: Introduzione alla teoria dell'informazione ed alla teoria dei codici.

Contenuto del corso:

- *Misura dell'informazione.* Entropia e sue proprietà. Alcune Interpretazioni del concetto di entropia. Entropia condizionata e informazione reciproca. Equipartizione asintotica dell'entropia.
- *Sorgenti d'informazione discreta.* Sorgente di informazione. Sorgenti senza memoria. Sorgenti con memoria finita. Sorgenti indecomponibili. Sorgenti regolari. Sorgente estensione e sorgente adiacente.
- *Alcune proprietà dei codici.* Codici a blocchi unicamente decifrabili e istantanei.

Costruzione di codici istantanei: la diseuguaglianza di Kraft. La disuguaglianza di Mac-Millan.

- *Codifica in assenza di rumore.* Lunghezza media di un codice unicamente decifrabile. Il teorema di codifica in assenza di rumore. Costruzione di codici ottimali. Dimostrazione del metodo di Huffman
- *Codifica in presenza di rumore.* Il canale discreto senza memoria. Calcolo della capacità di alcuni canali. Schemi di decisione e probabilità di errore. La codifica del canale. Il teorema fondamentale. L'inverso debole.
- *Codici correttori.* La distanza di Hamming. I codici a controllo di parità. Codifica e decodifica dei codici a controllo di parità. Capacità correttive dei codici a controllo di parità I codici di Hamming. Probabilità di errore. Il teorema fondamentale per i codici a controllo di parità.
- *Codici ciclici.* Definizione dei codici BCH. Proprietà dei codici BCH.
- *Approfondimenti (eventuali).* Modelli e algoritmi per la compressione dei dati. Modelli statici, semiadattivi e adattivi. Tecniche statistiche per la creazione di modelli. Tecniche con dizionario per la creazione di modelli. Algoritmi per la compressione dei dati.

Testi consigliati

T. COVER, J. THOMAS, *Elements of information theory*, Wiley, 1991.

**Corso di Laurea
in
MATEMATICA**

CORSO DI LAUREA IN MATEMATICA
Introduzione al Vecchio Ordinamento

PIANO DIDATTICO

INSEGNAMENTI FONDAMENTALI – PRIMO BIENNIO

<i>1° Anno</i>	<i>2° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none">• Analisi matematica I (15)• Geometria I (475)• Algebra (5)• Fisica generale I (415)	<ul style="list-style-type: none">• Analisi matematica II (17)• Geometria II (477)• Meccanica razionale (692)• Fisica generale II (417)

Iscrizioni al 2° anno: potranno essere iscritti al secondo anno soltanto quegli studenti che abbiano superato almeno *due* degli esami di Analisi matematica I, Geometria I, Algebra.

Dall'a.a. 1988/89, con sperimentazione didattica richiesta dal C.d.F. il 27/12/1988 ed approvata dal S.A. il 6/4/1989, è stato abolito il blocco di iscrizione tra il I ed il II anno, ferme restando le propedeuticità d'esami previste a Statuto che sono le seguenti: possono essere ammessi a sostenere l'esame di Analisi Matematica II solo gli studenti che abbiano superato l'esame di Analisi Matematica I; l'esame di Geometria II solo gli studenti che abbiano superato l'esame di Geometria I; l'esame di Fisica II solo gli studenti che abbiano superato l'esame di Fisica I.

I corsi di analisi matematica, di geometria, di fisica generale, non debbono essere considerati come dei comuni corsi biennali; essi constano ciascuno di due parti annuali distinte, la prima propedeutica alla seconda e con due esami distinti, il primo propedeutico al secondo.

INSEGNAMENTI FONDAMENTALI – SECONDO BIENNIO

Indirizzo generale

<i>3° Anno</i>	<i>4° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none">• Istituzioni di analisi superiore (530)• Istituzioni di geometria super. (540)• Istituzioni di fisica matematica (537)• Una materia complementare	<ul style="list-style-type: none">• Analisi superiore (20)• Geometria superiore (478)• Una materia complementare

Indirizzo didattico

<i>3° Anno</i>	<i>4° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Istituzioni di analisi superiore (530) • Istituzioni di geometria superiore (540) • Istituzioni di fisica matematica (537) • Una materia complementare 	<ul style="list-style-type: none"> • Matematiche complementari (680) • Matematiche elementari da un punto di vista superiore (681) • Una materia complementare

Indirizzo applicativo

<i>3° Anno</i>	<i>4° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Istituzioni di analisi superiore (530) • Istituzioni di geometria superiore (540) • Istituzioni di fisica matematica (537) • Una materia complementare 	<ul style="list-style-type: none"> • Meccanica superiore (696) • Analisi numerica (4524) • Una materia complementare

Gli insegnamenti fondamentali sopra elencati sono accompagnati ciascuno da un corso di esercitazioni che ne è parte integrante. Nel secondo biennio, lo studente dovrà seguire, al 3° e al 4° anno, una materia complementare. Gli insegnamenti complementari dei tre indirizzi, a scelta dello studente, escludendo ovviamente dall'elenco i fondamentali dell'indirizzo prescelto, sono compresi nel seguente elenco.

INSEGNAMENTI COMPLEMENTARI

- Algebra superiore (6)
- Analisi funzionale (12)
- Analisi numerica (4524)
- Analisi superiore (20)
- Astronomia (57)
- Astrofisica (56)
- Calcolo delle probabilità
- Calcolo numerico e programmazione (4501)
- Chimica generale inorganica con elementi di organica (131)
- Cibernetica e teoria dell'informazione (161)
- Complementi di fisica generale I (186)
- Economia matematica
- Equazioni differenziali (9299)
- Fisica matematica (421)
- Fisica superiore (429)
- Fisica teorica (431)
- Geometria algebrica (471)
- Geometria differenziale (474)
- Geometria superiore (478)
- Logica matematica (662)
- Istituzioni di fisica teorica (539)

- Matematiche complementari (680)
- Matematiche elementari da un punto di vista superiore (681)
- Matematiche superiori (682)
- Meccanica quantistica (691)
- Meccanica statistica (695)
- Meccanica superiore (696)
- Relatività (883)
- Sistemi per il trattamento delle in-formazioni (3980)
- Storia delle matematiche (988)
- Struttura della materia (1013)
- Teoria e applicazione delle macchine calcolatrici (1055)
- Teoria delle funzioni (1051)
- Topologia (1065)

AVVERTENZE

Per ciascuno degli insegnamenti sia fondamentali che complementari del secondo biennio vi è un esame finale. L'esame di laurea comprenderà in ogni caso un colloquio di cultura generale e un lavoro scritto (tesi di laurea), il quale, per la laurea con indirizzo generale, dovrà essere una ricerca originale. L'esame di laurea comprenderà inoltre la discussione di due tesine orali. Superato l'esame di laurea, lo studente consegue il titolo di «dottore in matematica», indipendentemente dall'indirizzo prescelto, del quale verrà fatta menzione soltanto nella carriera scolastica.

ISTITUTI DOVE SI TENGONO I CORSI

Tutti gli insegnamenti di cui il programma è di seguito elencato si tengono al Dipartimento di Matematica, Piazza di Porta S. Donato 5, salvo i corsi di Fisica Generale I e II che si tengono al Dipartimento di Fisica. Tutti i docenti sono reperibili nel Dipartimento di aderenza.

Introduzione al Nuovo Ordinamento

AVVERTENZE

Il corso degli studi per la laurea in Matematica ha la durata di quattro anni ed è costituito da un biennio propedeutico – a carattere formativo di base – e da un successivo biennio di indirizzo, articolato in tre indirizzi: generale, didattico, applicativo.

L'accesso al Corso di Laurea è regolato dalle disposizioni di legge.

Il numero delle annualità è pari a quindici. Una annualità è un corso annuale o la somma di due moduli ridotti, secondo quanto in seguito specificato.

Il biennio di base è articolato in otto corsi annuali (quattro al primo e quattro al secondo anno), dei quali non è consentita la suddivisione in moduli ridotti. Ciascun indirizzo del secondo biennio è articolato in sette corsi annuali (quattro al terzo e tre al quarto anno) o negli equivalenti moduli ridotti.

Sia nel primo che nel secondo biennio esistono insegnamenti obbligatori che non possono essere sostituiti.

PIANO DIDATTICO

BIENNIO DI BASE

<i>1° Anno</i>	<i>2° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Analisi matematica I (annuale) (15) • Geometria I (annuale) (475) • Algebra (annuale) (5) • Fisica generale I (annuale) (415) 	<ul style="list-style-type: none"> • Analisi matematica II (annuale) (17) • Geometria II (annuale) (477) • Meccanica razionale (annuale) (692) • Fisica generale II (annuale) (417)

Per ciascuno degli insegnamenti elencati vi è un esame finale. Gli insegnamenti sopra elencati sono accompagnati da un corso di esercitazioni che ne è parte integrante.

I corsi di «Analisi matematica», «Geometria» e «Fisica generale» non debbono essere considerati come dei comuni corsi biennali: essi constano ciascuno di due parti annuali distinte, la prima propedeutica alla seconda e con due esami distinti, il primo propedeutico al secondo.

Potranno essere iscritti al 2° anno gli studenti che abbiano superato almeno due degli esami del 1° anno. Potranno essere iscritti al 3° anno gli studenti che abbiano superato almeno quattro degli esami del primo biennio.

All'atto dell'iscrizione al 3° anno ogni studente deve presentare un piano di studi con l'indicazione dell'indirizzo e degli insegnamenti opzionali prescelti. L'approvazione e l'eventuale revisione dei piani di studio sono regolati dalla normativa vigente.

BIENNIO DI INDIRIZZO

Il Consiglio della Facoltà di Scienze, su proposta del Consiglio del Corso di Laurea in Matematica, può disporre che alcuni o tutti gli insegnamenti del secondo biennio siano divisi in due moduli ridotti di uguale estensione e durata.

Per ogni modulo ridotto, degli insegnamenti fondamentali od opzionali, è previsto un esame distinto alla fine del semestre in cui è impartito il relativo insegnamento. Per ogni insegnamento annuale, fondamentale od opzionale è previsto un esame finale.

Lo svolgimento di due moduli ridotti dello stesso insegnamento potrà essere affidato a due diversi docenti secondo le norme dell'art. 9 del Decreto del Presidente della Repubblica n. 382/80. Il titolare di un insegnamento dovrà comunque svolgere in ogni anno accademico un insegnamento annuale ovvero due moduli ridotti, in applicazione di quanto disposto dall'ultimo comma dell'art. 92 del Decreto del Presidente della Repubblica n. 382/80.

I programmi dei moduli ridotti saranno oggetto di certificazione nel caso di trasferimento degli studenti ad altre sedi universitarie o ad altri corsi di laurea. Nei piani di studio degli studenti potranno essere inclusi singoli moduli ridotti. Nel computo degli esami sostenuti per conseguire il diploma di laurea due moduli ridotti equivalgono ad un esame annuale.

Il Consiglio della Facoltà di Scienze, sentito il Consiglio del Corso di Laurea in Matematica, provvederà a fissare le propedeuticità:

- Algebra, Geometria I e Analisi Matematica I prima di tutti gli insegnamenti del II biennio;
- Meccanica Razionale prima di Istituzioni di Fisica Matematica;
- Geometria II prima di Istituzioni di Geometria Superiore;
- Analisi Matematica II prima di Istituzioni di Analisi Superiore, Analisi Funzionale, Equazioni Differenziali e Economia Matematica;
- Istituzioni di Analisi Superiore (entrambi i moduli) prima di Analisi Superiore;
- Istituzioni di Analisi Superiore (I modulo) prima di Istituzioni di Analisi Superiore (II modulo);
- Calcolo delle Probabilità (I modulo) prima di Calcolo delle Probabilità (II modulo).

Indirizzo Generale – Codice 1601

Al 3° anno sono obbligatori entrambi i moduli degli insegnamenti di Istituzioni di Geometria Superiore, Istituzioni di Analisi Superiore e Istituzioni di Fisica Matematica. Al 4° anno vanno scelti un insegnamento annuale o due moduli ridotti per ciascun gruppo A, B e C.

<i>3° Anno</i>	<i>4° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Istituzioni di Geometria Superiore (I modulo) (11636) • Istituzioni di Geometria Superiore (II modulo) (11637) • Istituzioni di Analisi Superiore (I modulo) (11638) • Istituzioni di Analisi Superiore (II modulo) (11639) • Istituzioni di Fisica Matematica (I modulo) (11640) • Istituzioni di Fisica Matematica (II modulo) (11641) • Un insegnamento annuale o due moduli ridotti tra gli opzionali. 	<ul style="list-style-type: none"> • Un insegnamento annuale o due moduli del gruppo A • Un insegnamento annuale o due moduli del gruppo B • Un insegnamento annuale o due moduli del gruppo C

<i>Gruppo A</i>	<i>Gruppo B</i>	<i>Gruppo C</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Algebra Superiore (I modulo) (11642) • Algebra Superiore (II modulo) (11643) • Geometria Superiore (I modulo) (12580) • Geometria Superiore (II modulo) (12581) • Geometria Algebrica (I modulo) (11684) • Geometria Algebrica (II modulo) (11685) • Geometria Differenziale (I modulo) (11686) • Geometria Differenziale (II modulo) (11687) • Topologia Algebrica (I modulo) (12142) • Spazi Analitici (I modulo) (12582) 	<ul style="list-style-type: none"> • Analisi Superiore (annuale) (20) • Analisi Funzionale (I modulo) (11678) • Analisi Funzionale (II modulo) (11679) • Equazioni differenziali (annuale) (9299) 	<ul style="list-style-type: none"> • Analisi Numerica (annuale) (4524) • Calcolo delle Probabilità (I modulo) (11650) • Calcolo delle Probabilità (II modulo) (11651) • Meccanica Superiore (I modulo) (11652) • Meccanica Superiore (II modulo) (11653) • Meccanica dei Continui (I modulo) (11674) • Meccanica dei Continui (II modulo) (11675)

Indirizzo Didattico – Codice 1602

Al 3° anno sono obbligatori i primi moduli degli insegnamenti di Istituzioni di Geometria Superiore, Istituzioni di Analisi Superiore e Istituzioni di Fisica Matematica. Al 4° anno vanno scelti tre insegnamenti annuali o un equivalente numero di moduli ridotti da scegliere nei gruppi **D** ed **E**. Si precisa che nel piano, oltre agli insegnamenti scelti – o dichiarati – come opzionali non possono comparire, per ciascuno dei gruppi D ed E, meno

di quattro moduli.

<i>3° Anno</i>	<i>4° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Istituzioni di Geometria Superiore (I modulo); (11636) • Istituzioni di Analisi Superiore (I modulo); (11638) • Istituzioni di Fisica Matematica (I modulo); (11640) • Calcolo Numerico e Programmazione (I modulo); (11654) • Un insegnamento annuale o due moduli dei gruppi D ed E. • Un insegnamento annuale o due moduli tra gli opzionali. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tre insegnamenti annuale o un numero equivalente di moduli dei gruppi D ed E.

<i>Gruppo D</i>	<i>Gruppo E</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Didattica della Matematica (I modulo) (11656) • Didattica della Matematica (II modulo) (11657) • Matematiche Elementari da un punto di vista Superiore (I modulo) (11658) • Matematiche Elementari da un punto di vista Superiore (II modulo) (11659) • Matematiche Complementari (I modulo) (11660) • Matematiche Complementari (II modulo) (11661) • Critica dei Principi (I modulo) (12216) 	<ul style="list-style-type: none"> • Calcolo delle Probabilità (I modulo) (11650) • Calcolo delle Probabilità (II modulo) (11651) • Economia Matematica (annuale, mutuato dalla facoltà di Economia) (255) • Teoria e Applicazioni delle Macchine Calcolatrici (annuale) (1055) • Calcolo Numerico e Programmazione (II modulo) (11655) • Istituzioni di Analisi Superiore (II modulo) (11639) • Istituzioni di Geometria Superiore (II modulo) (11637) • Istituzioni di Fisica Matematica (II modulo) (11641)

Indirizzo Applicativo – Codice 1603

L'indirizzo Applicativo è suddiviso nei seguenti tre orientamenti: **numerico, economico e modellistico**.

3° anno – Insegnamenti comuni ai tre orientamenti

Per ogni orientamento sono obbligatori **sei** moduli ridotti con almeno un modulo ridotto per ciascun insegnamento del seguente gruppo **F**:

- Istituzioni di Geometria Superiore (I modulo) (11636)
- Istituzioni di Geometria Superiore (II modulo) (11637)

- Istituzioni di Analisi Superiore (I modulo) (11638)
 - Istituzioni di Analisi Superiore (II modulo) (11639)
 - Istituzioni di Fisica Matematica (I modulo) (11640)
 - Istituzioni di Fisica Matematica (II modulo) (11641)
 - Calcolo Numerico e Programmazione (I modulo) (11654)
 - Calcolo Numerico e Programmazione (II modulo) (11655)
- Un insegnamento annuale o due moduli ridotti tra gli opzionali.

4° anno – Insegnamenti comuni ai tre orientamenti

Per ogni orientamento sono obbligatori almeno tre moduli ridotti tra i seguenti insegnamenti del gruppo **F**:

- Analisi Numerica (annuale) (4524)
- Calcolo delle Probabilità (I modulo) (11650)
- Calcolo delle Probabilità (II modulo) (11651)
- Teoria e Applicazioni delle Macchine Calcolatrici (annuale) (1055)
- Ricerca operativa (I modulo) (12144)

inoltre sono obbligatori tre moduli ridotti scelti tra i seguenti insegnamenti dell'orientamento scelto:

<i>Numerico</i>	<i>Economico</i>	<i>Modellistico</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Metodi di Approssimazione (I modulo) (11668) • Metodi di Approssimazione (II modulo) (11669) • Metodi Matematici e Statistici (I modulo) (11670) • Metodi Matematici e Statistici (II modulo) (11671) • Analisi Numerica (annuale) (4524) • Teoria e Applicazioni delle Macchine Calcolatrici (annuale) (1055) 	<ul style="list-style-type: none"> • Economia Matematica (annuale, mutuato dalla facoltà di Economia) (255) • Metodi Matematici e Statistici (I modulo) (11670) • Metodi Matematici e Statistici (II modulo) (11671) • Analisi Numerica (annuale) (4524) • Ricerca operativa (I modulo) (12144) 	<ul style="list-style-type: none"> • Metodi e Modelli Matematici per le Applicazioni (I modulo) (11672) • Metodi e Modelli Matematici per le Applicazioni (II modulo) (11673) • Metodi Matematici e Statistici (I modulo) (11670) • Metodi Matematici e Statistici (II modulo) (11671) • Meccanica dei Continui (I modulo) (11674) • Meccanica dei Continui (II modulo) (11675)

INSEGNAMENTI OPZIONALI

- Algebra Superiore (I modulo) (11642)
- Algebra Superiore (II modulo) (11643)
- Analisi Funzionale (I modulo) (11678)

- Analisi Funzionale (II modulo) (11679)
- Analisi Superiore (annuale) (20)
- Analisi Numerica (annuale) (4524)
- Calcolo delle Probabilità (I modulo) (11650)
- Calcolo delle Probabilità (II modulo) (11651)
- Calcolo delle variazioni (I modulo)
- Cibernetica e Teoria dell'Informazione (annuale) (161)
- Critica dei Principi (I modulo) (12216)
- Didattica della Matematica (I modulo) (11656)
- Didattica della Matematica (II modulo) (11657)
- Equazioni Differenziali (annuale) (9299)
- Fisica Matematica (I modulo) (11682)
- Fisica Matematica (II modulo) (11683)
- Geometria Algebrica (I modulo) (11684)
- Geometria Algebrica (II modulo) (11685)
- Geometria Differenziale (I modulo) (11686)
- Geometria Differenziale (II modulo) (11687)
- Geometria Superiore (I modulo) (12580)
- Geometria Superiore (II modulo) (12581)
- Matematiche Complementari (I modulo) (11660)
- Matematiche Complementari (II modulo) (11661)
- Matematiche Elementari da un punto di vista Superiore (I modulo) (11658)
- Matematiche Elementari da un punto di vista Superiore (II modulo) (11659)
- Economia Matematica (annuale, mutuato dalla facoltà di Economia) (255)
- Meccanica dei Continui (I modulo) (11674)
- Meccanica dei Continui (II modulo) (11675)
- Meccanica Superiore (I modulo) (11652)
- Meccanica Superiore (II modulo) (11653)
- Metodi di Approssimazione (I modulo) (11668)
- Metodi di Approssimazione (II modulo) (11669)
- Metodi e Modelli Matematici per le Applicazioni (I modulo) (11672)
- Metodi e Modelli Matematici per le Applicazioni (II modulo) (11673)
- Metodi Matematici e Statistici (I modulo) (11670)
- Metodi Matematici e Statistici (II modulo) (11671)
- Ricerca operativa (I modulo, mutuato da Informatica) (12144)
- Spazi Analitici (I modulo) (12582)
- Spazi Analitici (II modulo)
- Statistica Matematica (I modulo) (12583)
- Statistica Matematica (II modulo) (12584)
- Teoria delle Funzioni (I modulo) (11694)
- Teoria e Applicazioni delle Macchine Calcolatrici (annuale) (1055)
- Topologia Algebrica (I modulo) (12142)
- Topologia Algebrica (I modulo) (12142)

N.B.: Si precisa che possono essere scelti come opzionali tutti gli insegnamenti

obbligatorie attivati di altri indirizzi.

ESAME DI LAUREA

Per essere ammesso all'esame di laurea lo studente sarà tenuto a dimostrare, con modalità definite dal Consiglio di Corso di Laurea e preferibilmente entro i primi due anni di corso, la conoscenza della lingua inglese (cod. 2058).

L'esame di laurea comprenderà in ogni caso un lavoro scritto il quale, per la laurea con indirizzo Generale, dovrà essere una ricerca originale. L'esame di laurea comprenderà inoltre la discussione di due tesine orali, le quali verteranno su due argomenti distinti fra loro e distinti dall'argomento della tesi. Le discussioni della tesi scritta e delle due tesine orali dovranno avere anche lo scopo di accertare la cultura generale dello studente.

Superato l'esame di laurea, lo studente consegue il titolo di «dottore in matematica», indipendentemente dall'indirizzo e dagli orientamenti prescelti. L'indirizzo e l'orientamento prescelti potranno essere indicati, a richiesta dell'interessato, nei certificati contenenti gli esami superati e le votazioni riportate.

In applicazione dell'art. 2 della Legge 11 dicembre 1969 e dell'art. 4 della Legge 20 novembre 1979, n. 924, il Consiglio del Corso di Laurea in Matematica può approvare piani di studio individuali in deroga all'ordinamento previsto da questo statuto. In questo caso le delibere di approvazione indicheranno l'indirizzo cui fa riferimento il piano di studi.

Programmi dei corsi

ALGEBRA

Docente: Monica Idà

Tipo: Corso annuale del 1° anno (90 ore di lezione e 45 di esercitazioni)

Esame: una prova scritta e una orale

1 - Gli interi Gli interi. Il principio del minimo e l'induzione matematica. Relazioni di equivalenza, insiemi quoziente. Relazioni di ordine. Relazione di divisibilità tra interi. Numeri primi. Massimo comun divisore. Il lemma di divisione. Unicità della scomposizione in fattori primi. L'algoritmo euclideo. Relazione di congruenza tra interi. L'anello Z_m .

2 - Gruppi Monoidi. Gruppi. Gruppi di permutazioni e di matrici. Gruppi prodotto. Gruppi abeliani. Prodotto di gruppi abeliani. Sottogruppi. Gruppi ciclici. Sottogruppi di Z e di Z_m . Teorema cinese del resto. I gruppi diedrici. Congruenze modulo un sottogruppo. Teorema di Lagrange e sue conseguenze. Omomorfismi di gruppi. Isomorfismi. Coniugio. Sottogruppi normali e gruppi quoziente. Il gruppo di Klein. Teorema fondamentale di omomorfismo.

3 - Anelli Anelli. Anelli commutativi. Sottoanelli. Divisori di zero ed elementi invertibili. Domini di integrità. Campi. I campi Z_p . Prodotti di anelli. Aggiungere a un anello la radice quadrata di un elemento. Interi gaussiani. I numeri complessi. Radici dell'unità e radici di un numero complesso. Ideali in un anello commutativo. Anelli quoziente. Ideali principali. Ideali primi e ideali massimali. Omomorfismi di anelli commutativi. Isomorfismi. Teorema fondamentale di omomorfismo. Teorema cinese del resto. Il piccolo teorema di Fermat e sue generalizzazioni. La funzione f di Eulero e il teorema di Eulero. Caratteristica di un dominio di integrità. L'ordine di un campo finito come potenza della caratteristica. Campo dei quozienti di un dominio di integrità.

4 - Anelli euclidei Relazione di divisibilità tra elementi di un dominio. Elementi associati. Elementi irriducibili. Anelli euclidei. Massimo comun divisore di due elementi. Ogni ideale in un anello euclideo è principale. L'algoritmo euclideo nell'anello degli interi gaussiani. Esempi di anelli non euclidei. Esistenza e unicità della scomposizione in fattori primi in un anello euclideo.

5 - Polinomi Polinomi. Somma e moltiplicazione di polinomi. Funzioni polinomiali. Polinomi a coefficienti in un dominio. Polinomi a coefficienti in un campo. Divisibilità tra polinomi. Polinomi associati. Polinomi irriducibili. Il lemma di divisione. Ideali in anelli di polinomi a coefficienti in un campo. Massimo comun divisore di due polinomi. L'algoritmo euclideo per i polinomi. Scomposizione in polinomi irriducibili. Radici di un

polinomio. Campi algebricamente chiusi. Il teorema fondamentale dell'algebra. La derivata di un polinomio. Formula di Taylor per polinomi a coefficienti in un campo di caratteristica zero. Il teorema di interpolazione. Lemma di Gauss. Criteri di irriducibilità per polinomi razionali. Il quoziente di un anello di polinomi per l'ideale principale generato da un elemento irriducibile. Il lemma di divisione. Forma normale. Campo delle funzioni razionali a coefficienti in un campo.

6 - *Estensioni di campi* Estensioni di campi. Estensioni finite. Estensioni semplici. Elementi algebrici ed elementi trascendenti su un campo. Polinomio minimo di un elemento algebrico. Numeri algebrici e numeri trascendenti. Campo di spezzamento di un polinomio irriducibile. Campi finiti. Il gruppo moltiplicativo di un campo finito è ciclico. Automorfismo di Frobenius di un campo finito. I campi finiti di caratteristica p come estensioni semplici di \mathbb{Z}_p . Campi di Galois.

Testi consigliati

A. VISTOLI, *Lezioni di Algebra*, Bologna, 1993-94.

I.N. HERSTEIN, *Algebra* (III edizione), Editori Riuniti, Roma 1994.

E. BEDOCCHI, *Esercizi di Algebra* (Fascicoli I, II, III, IV, V), Pitagora Editrice, Bologna, 1995-96.

Durante le lezioni vengono distribuiti fogli di esercizi, che si aggiungono a quelli reperibili nei testi consigliati. Ulteriore materiale per la preparazione della prova scritta si può trovare in tutti gli eserciziari di algebra consultabili in biblioteca, in particolare:

A. ALZATI, M. BIANCHI *Esercizi di Algebra per Scienze dell'Informazione*. Città Studi, Milano 1991.

S. FRANCIOSI - F. DE GIOVANNI *Esercizi di Algebra*. Aracne Editrice, Roma 1993.

R. PROCESI CIAMPLI, R. ROTA *Algebra moderna. Esercizi*. Editoriale Veschi. Masson, Milano 1992.

A. RAGUSA, C. SPARACINO *Esercizi di Algebra*. Zanichelli Editore, Bologna 1992.

ALGEBRA SUPERIORE I MODULO

Docente: Libero Verardi

Tipo: 40 ore di lezione, 1° ciclo, per studenti del terzo o quarto anno

Esame: orale, integrato con seminari tenuti dagli studenti durante il corso

Scopo del corso: Prima di affrontare lo studio della geometria algebrica, è importante avere almeno le prime nozioni di algebra commutativa. Inoltre, chiunque studi geometria, sia algebrica che differenziale o complessa, o topologia algebrica o differenziale e così via, incontrerà prima o poi l'algebra multilineare. Questo corso si propone di dare i primi elementi di entrambe.

Contenuto del corso: Richiami sugli anelli commutativi unitari. Lo spettro primo di un anello. Moduli su un anello. Localizzazioni, noetherianità. Successioni esatte e

omologia di un complesso. Moduli e algebre graduati. Applicazioni multilineari e prodotto tensoriale di moduli. Algebra tensoriale, simmetrica, esterna di un modulo. Cenni al teorema delle sizigie di Hilbert e al complesso di Koszul. Applicazioni: grassmanniane, risoluzione libera minimale di un ideale omogeneo con esempi. Varietà algebriche affini e proiettive e loro ideali di definizione.

Testi consigliati

M.F. ATIYAH - I.G. MACDONALD, *Introduction to commutative algebra*, Addison-Wesley Publishing Company, 1969.

N. JACOBSON, *Basic Algebra I*, W.H. Freeman and Company, 1974.

J.-P. LAFON, *Les formalismes fondamentaux de l'algèbre commutative*, Hermann, 1974.

S. LANG, *Algebra*, 2nd edition, Addison-Wesley Publishing Company, 1984.

S. MACLANE - G. BIRKOFF, *Algebra*, 2nd edition, Macmillan Publishing Co., 1979.

ALGEBRA SUPERIORE II MODULO**Docente: Marilena Bernabei****ANALISI FUNZIONALE I MODULO****Docente: Otto Liess****Tipo:** Due moduli di 40 ore di lezioni ciascuno**Esame:** orale**Scopo del corso:** Introdurre lo studente ai metodi di analisi funzionale lineare.**Contenuto del corso:**

Primo modulo

- Nozioni introduttive. Teoremi di algebra lineare come manifestazioni del teorema spettrale.
- Teoremi di approssimazione (Stone-Weierstrass, Korovkin, Fejer, Muntz).
- Operatori integrali.
- La teoria di Fredholm-Riesz.
- La teoria di Sturm-Liouville.
- Applicazioni dei teoremi di Hahn-Banach, Banach-Steinhaus, dell'applicazione aperta e del grafico chiuso.
- Spazi vettoriali topologici.

Secondo modulo

- Operatori chiusi, simmetrici, autoaggiunti (limitati e nonlimitati).

- Spettro e risolvente di un operatore.
- Il teorema spettrale per operatori limitati.
- Il teorema spettrale per operatori nonlimitati.
- Alcune applicazioni per operatori a derivate parziali ellittici.

Testi consigliati

F.A. BEREZIN-M.A. SHUBIN, *The Schrodinger equation*, Kluwer Academic Publisher.

N. DUNFORD-J. SCHWARTZ, *Linear operators*, vol.1, Interscience.

M. REED-B. SIMON, *Methods of modern mathematical physics*, vol. 1, Academic press.

A. ROBERTSON-W. ROBERTSON, *Topological vector spaces*, Cambridge University press.

ANALISI FUNZIONALE II MODULO

Docente: Otto Liess

ANALISI MATEMATICA I

Docente: Angelo Favini

Contenuto del corso:

- Nozioni introduttive: insiemi, relazioni, funzioni.
- I numeri reali.
- Lo spazio euclideo reale n-dimensionale.
- Gli spazi metrici.
- Funzioni: limiti e continuità.
- Proprietà delle funzioni continue.
- Calcolo differenziale per funzioni di una variabile reale.
- Serie numeriche.
- Integrale di Riemann per funzioni di una variabile reale.

ANALISI MATEMATICA II

Docente: Antonio Bove

Tipo: 100 ore di lezioni, 50 ore di esercitazioni, annuale, 2° anno

Esame: scritto+orale

Scopo del corso: Dare i principi fondamentali dell'analisi matematica, essenziali sia per la didattica che per la ricerca pura e applicata.

Contenuto del corso: E' la versione "in più variabili" del corso "Analisi matematica I", nel senso che viene sviluppato il calcolo differenziale per funzioni di più variabili reali, (funzioni implicite, invertibilità locale), si introduce l'integrale di Lebesgue (Teorema di riduzione, Teorema di Fubini-Tonelli, Cambiamento di variabili).

Si descrivono alcuni aspetti della teoria delle equazioni differenziali ordinarie, con particolare riguardo al problema di Cauchy e ai sistemi di equazioni differenziali lineari.

Si introducono anche le nozioni di integrale curvilineo di una funzione e di una forma differenziale, e di integrale superficiale, per giungere al Teorema della divergenza e al Teorema di Stokes.

Testi consigliati

E.GIUSTI, *Analisi matematica II*, Bollati-Boringhieri.

E.LANCONELLI, *Analisi matematica II*, Pitagora.

C.D.PAGANI, S.SALSA, *Analisi matematica II*, Masson.

B.PINI, *Analisi matematica II*, CLUEB.

ANALISI NUMERICA

Docente: Ilio Galligani

Tipo: 80 ore di lezione, corso annuale

Scopo del corso: Analisi dei principali metodi numerici per l'approssimazione di funzioni e di dati e per la risoluzione sul calcolatore di problemi ai valori iniziali e al contorno retti da equazioni differenziali ordinarie e a derivate parziali che intervengono nella modellizzazione matematica.

Contenuto del corso: Sistemi di Chebyshev. Funzioni Spline e sistemi di Chebyshev in senso debole. Rappresentazione delle funzioni. Modellazione geometrica. Approssimazione numerica di funzioni e di dati. Problemi ai valori iniziali e al contorno retti da equazioni differenziali. Loro condizionamento. Formulazione variazionale dei problemi a valori al contorno. Metodo delle differenze finite. Metodo degli elementi finiti. Tecniche di semidiscretizzazione. Metodo delle caratteristiche. Metodi iterativi per sistemi di grandi dimensioni. Elementi di Calcolo Parallelo.

ANALISI SUPERIORE**Docente: Ermanno Lanconelli****Tipo:** 90 ore di lezione, corso annuale**Esame:** orale

Scopo del corso: Presentazione della teoria delle equazioni alle derivate parziali di tipo ellittico e parabolico, lineari e non lineari.

Contenuto del corso: Gli operatori di Laplace e del calore: primo problema di valori al contorno; il metodo di Perron-Wiener. Teoria astratta del potenziale e applicazioni al problema di Dirichlet per gli operatori ellittico-parabolici. Metodi variazionali per equazioni in forma di divergenza. Regolarizzazione delle soluzioni deboli variazionali. Teoria del grado. Richiami di calcolo differenziale negli spazi normati. Primi elementi di teoria variazionale dei punti critici. Alcune applicazioni: problemi ellittici semilineari, soluzioni periodiche di sistemi Hamiltoniani.

Testi consigliati

Vengono distribuiti appunti agli studenti.

BIOMATEMATICA**Docente: Carla Vettori**

Scopo del corso: fornire le conoscenze per la modellizzazione matematica dei fenomeni biologici e naturali e trattare alcuni dei più importanti modelli

Contenuto del corso: Richiami sui sistemi di equazioni differenziali e la loro analisi qualitativa. Costruzione di modelli matematici di fenomeni naturali: modelli deterministici a tempo discreto e a tempo continuo. Modelli in cinetica biochimica. Dinamica di popolazioni: modelli di Volterra. Modelli della trasmissione degli impulsi nervosi. Equazioni della propagazione di epidemie.

Testi di riferimento

CRONIN J., *Differential Equation*, Prentice Hall 1994

COMINCIOLI V., *Problemi e modelli matematici nelle scienze applicate* Ed. Ambrosiana 1993

MURRAY J.D., *Mathematical Biology*, Springer-Verlag 1989.

CALCOLO DELLE PROBABILITÀ I MODULO**Docente: Massimo Campanino****Tipo:** 40 ore di lezione, corso semestrale, 3° anno**Esame:** orale

Scopo del corso: Introdurre gli elementi di base del Calcolo delle Probabilità con cenni Statistica Matematica nell'impostazione bayesiana.

Contenuto del corso: Eventi e numeri aleatori. Operazioni logiche su eventi. Dipendenza, semidipendenza e indipendenza logica. Previsione e probabilità. Condizioni di valutazione coerente delle previsioni e proprietà della previsione e della probabilità. Formule combinatorie. Formula di Stirling per il fattoriale. Previsione e probabilità subordinate, teorema delle previsioni e delle probabilità composte, teorema delle previsioni e probabilità totali, formula di Bayes. Indipendenza stocastica e correlazione. Varianza, covarianza e coefficiente di correlazione. Diseguaglianze di Chebichev e di Schwarz. Distribuzioni discrete e assolutamente continue unidimensionali e multidimensionali. Esempi più importanti di distribuzioni e calcolo delle previsioni varianze e covarianze. Legge debole dei grandi numeri, teorema di approssimazione di Poisson e teorema di De Moivre- Laplace. Introduzione alla statistica Bayesiana. Funzione di verosimiglianza. Scambiabilità. Induzione sulla distribuzione di Bernoulli e sulla distribuzione normale. Intervalli di confidenza.

Testi consigliatiB. DE FINETTI, *Teoria delle Probabilità*, Einaudi (Torino).W. FELLER, *An Introduction to Probability Theory and Its Applications*, Vol. I. Wiley (New York).D. V. LINDLEY, *Introduction to Probability and Statistics*, Vol. 1 e 2. Cambridge University Press (1965).P. BALDI, *Calcolo delle Probabilità e Statistica*, Mc Graw Hill Italia (Milano).P. DABONI, *Calcolo delle Probabilità e Elementi di Statistica*, Utet (Torino).**CALCOLO DELLE PROBABILITÀ II MODULO****Docente: Massimo Campanino****Tipo:** 40 ore di lezione, corso semestrale, 3° anno**Esame:** orale

Scopo del corso: Approfondire alcuni argomenti del calcolo delle Probabilità più elevati dal punto di vista matematico e introduzione a catene di Markov e processi stocastici.

Contenuto del corso: Legge forte dei grandi numeri per successioni di eventi indipendenti ed equiprobabili. Additività numerabile. Teorema di estensione di Caratheodory. Teorema di Kolmogorov. Applicazioni. Catene di Markov con un'infinità numerabile di stati. Classificazione degli stati. Catene di Markov irriducibili. Processo di rinnovamento associato ad uno stato persistente. Teorema del rinnovamento. Teorema ergodico per catene di Markov irriducibili e aperiodiche. Distribuzioni invarianti. Catene di Markov in tempo continuo. Equazioni di Chapman-Kolmogorov. Processo di Poisson. Processi di pura nascita. Processi di pura nascita divergenti; criterio di divergenza. Processi di nascita e morte. Problemi di linea di attesa e di servizio. Cenni al processo di Wiener-Levy e ai processi di diffusione. Convergenza di funzioni di ripartizione. Teorema di Helly-Bray. Insiemi di funzioni di ripartizione che conservano la massa e loro compattezza relativa nello spazio delle funzioni di ripartizione proprie. Convergenza di integrali di funzioni continue e limitate rispetto a successioni di funzioni di ripartizione convergenti. Classi di funzioni che separano. Funzioni caratteristiche e il teorema di continuità. Funzioni caratteristiche e indipendenza: funzione caratteristica della somma di due numeri aleatori indipendenti. Formula di inversione. Espansione della funzione caratteristica. Teorema del limite centrale per successioni di numeri aleatori non identicamente distribuiti.

Testi consigliati

L. BREIMAN, *Probability*, Addison-Wesley (1968).

B. DE FINETTI, *Teoria delle Probabilità*, Einaudi (Torino).

W. FELLER, *An Introduction to Probability Theory and Its Applications*, Vol. I. Wiley (New York).

P. BALDI, *Calcolo delle Probabilità e Statistica*, Mc Graw Hill Italia (Milano).

P. DABONI, *Calcolo delle Probabilità e Elementi di Statistica*, Utet (Torino).

CALCOLO DELLE VARIAZIONI I MODULO

Docente: Bruno Franchi

CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE I MODULO

Docente: Ilio Galligani

Tipo: 40 ore di lezione e 20 ore di esercitazione

Scopo del corso: Fornire i principi di base della programmazione dei calcolatori elettronici necessari per poter affrontare l'analisi e la risoluzione su tali calcolatori dei più elementari problemi del Calcolo Scientifico.

Contenuto del corso: Algoritmi, linguaggi di programmazione e calcolatori elettronici. Aritmetica dei calcolatori e analisi degli errori. Posizione del problema. Formule ricorsive. Fattorizzazione di matrici. Risoluzione di un sistema di equazioni lineari con il metodo di eliminazione. Equazioni e sistemi non lineari. Interpolazione di funzioni. Differenze divise. Derivazione e Integrazione numerica.

Note per lo studente: Il corso è integrato da esercitazioni di laboratorio.

CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE II MODULO

Docente: Fabiana Zama

Tipo: 40 ore di lezione e 20 di esercitazione

Scopo del corso: Presentazione dei principali metodi numerici relativi ai problemi fondamentali della Matematica Computazionale sui quali si basano le attuali librerie di software matematico.

Contenuto del corso: Problema lineare dei minimi quadrati. Fattorizzazione di Matrici con trasformazioni ortogonali. Metodi iterativi per la risoluzione di sistemi lineari. Problema del calcolo numerico degli autovalori.

Testi consigliati

D. BINI, M. CAPOVANI, O. MENCHI, *Metodi Numerici per l'algebra lineare*, Zanichelli, 1988.

W.W. HAGER, *Applied Numerical Linear Algebra*, Prentice-Hall, 1988.

Note per lo studente: Il corso è integrato da esercitazioni di laboratorio utilizzando il linguaggio Pascal e il sistema Matlab.

CRITICA DEI PRINCIPI I MODULO

Docente: Rita Capodaglio

DIDATTICA DELLA MATEMATICA I e II MODULO

Docente: Bruno D'Amore

Tipo: Sono previste n. 6 ore di lezione settimanali (suddivise in: 4 ore di lezione e 2 ore di seminario di Storia delle matematiche), più almeno 2 ore di seminario settimanale.

Contenuto del corso:

I SEMESTRE:

Premessa al corso: Principali tendenze della Didattica della Matematica nella seconda parte del XX secolo; critica; metodologie di analisi critica. La nascita della Didattica della Matematica in senso moderno. Gli ambienti artificiali di apprendimento ed il problema del transfer cognitivo nel caso specifico della matematica.

Prima parte del corso: Teoria degli ostacoli. Contratto didattico. Conflitti. Misconcezioni. Modelli intuitivi. Modelli parassiti. Immagini, schemi e modelli. Concetti. Teoria degli ostacoli. Il triangolo: insegnante, allievo, sapere. Trasposizione didattica. Teoria delle situazioni didattiche. Matematica, didattica della matematica e linguaggio.

Temi matematici «trasversali» trattati in modo monografico: La problematica dell'infinito matematico; I sistemi numerici; Le geometrie non euclidee; La soluzione delle equazioni di grado superiore al secondo; (tali temi potranno variare di anno in anno). [Si danno per scontate le normali competenze acquisite nei corsi di Algebra, Analisi I, Geometria I].

II SEMESTRE:

Seconda parte del corso: Esercizi, problemi, situazione problema: cenno alla problematica del *problem solving*. Stile cognitivo e profili pedagogici, riorganizzazione cognitiva. Intuizione e dimostrazione. Teoria dei campi concettuali, Teoria dei campi semantici. «Didattica generale» e «Didattica disciplinare»: il caso specifico della Didattica della matematica. Cenni su alcuni aspetti e temi dell'attuale ricerca in Didattica della Matematica. [Argomenti collegati: cenni al rapporto tra sviluppo, linguaggio ed apprendimento (in particolare gli studi di Vygotskij); l'uso della storia come strumento didattico].

Risvolti relativi alla preparazione professionale: Analisi critica degli strumenti didattici, dal libro di testo al software didattico. Analisi critica dei programmi scolastici italiani nel panorama europeo (con esemplificazioni ed esercitazioni). Risoluzione di alcuni temi dati agli esami di concorso a cattedre di Matematica e discussione relativa dei contenuti matematici. Esemplificazione di temi di analisi didattica specifici (La didattica dell'algebra; La didattica della geometria; La didattica delle dimostrazioni; altri che potranno variare di anno in anno).

Temi matematici trattati: Tutti quelli concernenti le prove di concorso a cattedre degli anni passati. [Si danno per scontate le normali competenze acquisite nei corsi di Algebra, Analisi I e II, Geometria I e II. Meglio se lo studente ha già competenze almeno elementari in Logica Matematica].

Gli studenti sono tenuti a preparare una lezione su un argomento concordato con il docente e ad esporla pubblicamente durante le ore di seminario. Essi sono invitati a

frequentare il «Laboratorio di Didattica della Matematica» per compiere esami di libri di testo attualmente adottati, per preparare la lezione suddetta, per compiere esercitazioni su *almeno due* software didattici. La conoscenza del software scelto è parte integrante dell'esame.

FISICA GENERALE I

Docente: Sergio Focardi

Contenuto del corso:

- *Grandezze Fisiche:* Grandezze fisiche fondamentali e derivate. Sistemi di unità di misura: MKS e CGS. Equazioni dimensionali. Unità campione: metro, kilogrammo e secondo. Metodi di misura diretti ed indiretti.
- *Grandezze scalari e vettoriali:* Scalari e Vettori. Operazioni sui vettori: somma, prodotto per uno scalare, prodotto scalare e vettoriale.
- *Cinematica del punto:* Moto del punto su traiettoria qualunque; equazione della traiettoria e legge oraria del moto. Spostamento. Velocità media, velocità istantanea. Espressione generale della accelerazione. Esempi di moti: rettilineo uniforme, rettilineo uniformemente accelerato, circolare uniforme, armonico.
- *Dinamica del punto:* I principi della dinamica. Le forze. Misura delle forze. Forze vincolari. Leggi dell'attrito statico e dinamico. Peso. Applicazioni della legge della dinamica. Relatività del moto. Riferimenti inerziali e non inerziali. Forze apparenti: forza centrifuga e forza del Coriolis.
- *Energia e Lavoro:* Lavoro. Energia cinetica. Teorema delle forze vive. Forze conservativi. Integrale delle forze vive. Conservazione della energia meccanica. Potenza.
- *Sistemi di punti materiali:* Baricentro. Calcolo di baricentri. Momento di inerzia. Calcolo di momenti di inerzia. Quantità di moto. Momento delle forze. Momento della quantità di moto.
- *Dinamica dei sistemi:* Equazioni della dinamica dei sistemi. Sistemi rigidi. Sistemi isolati. Conservazione della quantità di moto. Conservazione del momento angolare. Sistemi rigidi girevoli attorno ad un asse fisso. Giroscopio.
- *Statistica dei sistemi:* Equazioni della statistica. Sistemi rigidi. Stabilità dell'equilibrio.
- *Moti oscillatori:* Oscillatore armonico. Oscillazioni smorzate e forzate. Risonanza. Pendolo fisico. Pendolo di Torsione.
- *Gravitazione:* La forza gravitazionale. Massa inerziale, massa gravitazionale. Le leggi di Keplero. Moto di pianeti e di satelliti. Determinazione della massa terrestre e di quella solare.
- *Statica dei fluidi:* Forze di volume e di superficie. Pressione. Equazioni di equilibrio dei fluidi. Variazione della pressione in un liquido ed in un gas isoterma.
- *Dinamica dei fluidi:* Fluidi perfetti. Legge di conservazione della massa. Caratteristiche

del moto: moto stazionario e irrotazionale. Linee e tubi di flusso. Il teorema di Bernoulli. Applicazioni: Venturimetro.

- *Onde elastiche*: Equazione delle onde elastiche. Soluzione della equazione. Onde su corda elastica. Onde nei gas. Il suono. Interferenza. Onde stazionarie. Modi di vibrazione. Battimenti. Intensità di un'onda.
- *Temperature*: Proprietà termometriche delle sostanze. Scale termometriche. Punto triplo. Scale Kelvin e centigrada. Il termometro a gas perfetto e le leggi di Gay-Lussac.
- *Il primo principio della termodinamica*: Stato di un sistema. Trasformazioni reali e trasformazioni reversibili. Loro rappresentazione in un diagramma v-p. Energia interna, calore e lavoro. Cicli. Equivalenza fra caloria e joule. Trasformazioni isobare, isocore, isoterme. Applicazioni ai gas perfetti, a gas reali, a liquidi.
- *Teoria cinetica dei gas*: Interpretazione microscopica della pressione. Energia cinetica molecolare e temperatura. Calori molari del gas perfetto. Principio di equipartizione dell'energia.
- *Il secondo principio della termodinamica*: La macchina di Carnot. Rendimento della macchina di Carnot. Cicli triangolari. Relazioni di Clapeyron. Teorema di Carnot. Secondo principio: enunciati di Kelvin, di Clausius e loro equivalenza. Entropia.

Testi consigliati

RESNICH e HOLLIDAY, *Fisica*, vol. I, ed. CEA, Milano.

S. FOCARDI, *Problemi di Fisica Generale (Meccanica, onde elastiche, Termodinamica)*, ed. CEA, Milano.

FISICA GENERALE II

Docente: Daniele Cattani

Tipo: 100 ore di lezione comprensive di esperimenti dimostrativi + 50 ore di esercitazione

Esame: orale integrato da prova scritta, valida di norma per la sessione di esami in cui è stata sostenuta

Scopo del corso: lo scopo primario è quello di fare conoscere i fondamenti e la struttura dell'elettromagnetismo moderno mettendone in evidenza anche le più comuni applicazioni. Si può però aggiungere che la fisica e la matematica hanno molte radici comuni. Nel caso dell'elettromagnetismo lo studente vedrà che, partendo dal principio della minima azione e da poche osservazioni sperimentali, tutto è costruito con l'aiuto della matematica così che ne potrà dedurre che le idee dell'analisi e della geometria non sono solo forme astratte ma strumenti necessari alla costruzione di ogni scienza.

Contenuto del corso: Il principio di Hamilton della minima azione e le leggi della Meccanica relativistica. La più generale trasformazione di Lorentz: 4-vettori e 4-tensori. 4-potenziale e 4-tensore del campo elettromagnetico. Equazioni di Lagrange per il campo

elettromagnetico ed equazioni di Maxwell nello spazio di Minkowski. Le simmetrie del tensore energia-impulso del campo elettromagnetico ed i principi conservativi che ne derivano. L'equazione di Laplace e le sue soluzioni in elettrostatica; l'equazione di Poisson ed i relativi casi fisici in magnetostatica. Il tensore dei momenti, il tensore del campo elettromagnetico nei mezzi materiali e l'elettrodinamica dei mezzi continui. La propagazione delle onde nel vuoto: le condizioni al contorno di Kirchhoff per la diffrazione. La propagazione nei mezzi continui e l'equazione dei telegrafisti. L'equazione generale delle onde, i potenziali ritardati, l'irraggiamento, la propagazione nei mezzi trasparenti anisotropi.

Testi consigliati

L.D. LANDAU, E.M. LIFSHITZ, *Teoria dei campi*, Mosca 1973, Roma 1976.

D. CATTANI, *Fondamenti di Fisica Generale*, Milano 1974.

H.C. OHANIAN, *Fisica 2*, Zanichelli, Bologna 1992.

FISICA MATEMATICA I MODULO

Docente: Andrè Martinez

Tipo: 36 ore di lezione, I semestre, III o IV anno

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire gli strumenti analitici di base per la meccanica quantistica, e introdurre gli studenti agli esempi e ai problemi fondamentali di questa disciplina.

Contenuto del corso: Introduzione all'analisi spettrale e alla teoria delle perturbazioni per gli operatori lineari negli spazi di Hilbert. Applicazione all'equazione di Schroedinger in una dimensione. Doppia buca, potenziali periodici, teoria di Bloch e di Stark-Wannier.

Testi consigliati

Segnalati di volta in volta dal docente.

FISICA MATEMATICA II MODULO

Docente: Vincenzo Grecchi

Tipo: 36 ore di lezione, II semestre, III o IV anno

Esame: orale

Scopo del corso: Esporre, dopo gli opportuni prerequisiti, i lineamenti fondamentali della meccanica statistica dell'equilibrio con particolare riguardo ai fenomeni critici e alle transizioni di fase.

Contenuto del corso: Richiami di termodinamica. I principi fondamentali della meccanica statistica: funzione di partizione di Gibbs, energia libera, limite termodinamico. I sistemi magnetici: modello di Ising, gas su reticolo. La teoria di Peierls per le transizioni magnetiche. Cenno al gruppo delle rinormalizzazioni e ai sistemi disordinati.

Testi consigliati

R.S. BAXTER, *Exactly solvable models in statistical mechanics*, Academic Press 1982.

G. GALLAVOTTI, *Trattatello di Meccanica statistica*, Quaderno del GNFM-C.N.R. n. 50, Firenze 1995 (disponibile su internet all'indirizzo http://chimera.roma1.infn.it/mathematical_physics_preprints/html).

GEOMETRIA ALGEBRICA I MODULO

Docente: Alessandro Gimigliano

Tipo: circa 30 ore di lezioni, 1° semestre, 1° anno

Esame: Orale

Scopo del corso: Dare un panorama di argomenti e metodi di Geometria Algebrica, utilizzando anche strumenti dell'Algebra Commutativa, ma ponendo l'attenzione ad esempi ed applicazioni «classiche».

Contenuto del corso: Sulle curve algebriche piane (complesse): parametrizzazioni, teorema di Bezout per rette e coniche, molteplicità di un punto di una curva, le cubiche piane e la legge di gruppo su di esse. La superficie quadrica di P^3 . Curve su di essa. La superficie di Veronese e le sue proiezioni. Insiemi algebrici e varietà affini, definizioni e prime proprietà. La corrispondenza fra ideali ed insiemi algebrici, l'anello delle coordinate di un insieme algebrico, il Nullstellensatz. Funzioni razionali, birazionalità. Varietà proiettive, ideali omogenei, funzioni razionali nel caso proiettivo. Spazio tangente, punti semplici e punti singolari delle varietà.

Testi consigliati

M. REID, *Undergraduate Algebraic Geometry*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1988.

GEOMETRIA ALGEBRICA II MODULO**Docente:** Alessandro Gimigliano**Tipo:** circa 30 ore di lezioni, 2° semestre, 1° anno**Esame:** Orale

Scopo del corso: Dare un panorama di argomenti e metodi di Geometria Algebrica introducendo il linguaggio più moderno (fasci, schemi) in uso nel settore, e cercando di legarlo ai risultati più «classici» da rivedere inseriti nel nuovo contesto.

Contenuto del corso: Le varietà algebriche e gli ideali degli anelli dei polinomi, corrispondenze e «necessità» di un'estensione del concetto di varietà per ottenere una più completa «traduzione» geometrica delle differenze fra i vari ideali che definiscono la stessa varietà. Prefasci e fasci su spazi topologici, introduzione ed esempi. Lo Spettro di un anello. Morfismi di fasci. Spazi localmente anulati e schemi. Il Proj di un anello graduato; schemi proiettivi. Schemi ridotti, irriducibili ed integri. Immersioni chiuse ed aperte. Fasci di moduli e fasci di ideali. La corrispondenza sottoschemi chiusi- fasci di ideali. Schemi affini ed ideali. Schemi proiettivi e ideali omogenei, ideali saturati. Divisori (di Weil e di Cartier), sistemi lineari ed immersioni, fasci invertibili molto ampi. Esempi ed applicazioni: divisori su curve e superficie.

Testi consigliati

R. HARTSHORNE, *Algebraic Geometry. Graduate text in Math. 52*, Springer-Verlag, Berlin 1977.

GEOMETRIA DIFFERENZIALE I MODULO**Docente:** Arturo Vaz Ferreira

Contenuto del corso: Insiemi di Caccioppoli. Disuguaglianza isoperimetrica.

GEOMETRIA DIFFERENZIALE II MODULO**Docente:** Arturo Vaz Ferreira

Contenuto del corso: Geometria del problema di Plateau

GEOMETRIA I**Docente:** Mirella Manaresi**Tipo:** 80 ore di lezione e 70 di esercitazioni circa, annuale, 2° anno**Esame:** scritto e orale

Scopo del corso: Dare le nozioni di base di geometria proiettiva mettendo in evidenza come questa permetta di ritrovare in modo semplice e senza fatica i risultati di geometria affine visti al primo anno - Dare inoltre le nozioni di base di topologia, fondamentali in molti campi della matematica - Mettere lo studente in condizione di risolvere autonomamente esercizi e problemi sugli argomenti studiati.

Contenuto del corso: Geometria proiettiva: Spazi proiettivi. Coordinate omogenee. Sottospazi lineari; equazioni parametriche e cartesiane, sottospazi incidenti e sghembi, formula di Grassmann proiettiva. Cono proiettante; proiezione di centro un punto su un iperpiano. Completamento di uno spazio affine ad uno spazio proiettivo. Morfismi proiettivi. Teorema fondamentale delle proiettività. Birapporto. La dualità vettoriale e la dualità proiettiva. Sistemi lineari di iperpiani di centro un sottospazio lineare. Curve e superfici: Ipersuperfici algebriche proiettive e affini; grado, supporto. Classificazione proiettiva di coniche, quadriche, iperquadriche reali e complesse. Classificazione affine delle coniche e delle quadriche reali e complesse. Classificazione euclidea delle coniche e delle quadriche. Fasci di circonferenze in \mathbb{R}^2 e di sfere in \mathbb{R}^3 . Circonferenze nello spazio, piani e rette tangenti a una sfera. Descrizione geometrica di coniche e quadriche di \mathbb{R}^2 , risp. \mathbb{R}^3 . Fasci di coniche proiettive. Completamento proiettivo di una curva algebrica affine. Rette tangenti e asintoti per una conica. Curve in forma parametrica di \mathbb{R}^2 ed \mathbb{R}^3 . Coni, cilindri e superfici di rotazione di \mathbb{R}^3 . Topologia: Spazi topologici. Basi di aperti. Spazi metrici, isometrie, spazi topologici metrizzabili. La topologia euclidea su \mathbb{R}^n e su \mathbb{C}^n . Intorni. Chiusura, interno, esterno, frontiera e derivato di un sottoinsieme. Assiomi di numerabilità. Successioni di punti in uno spazio topologico. Applicazioni continue; grafico, fibre. Applicazioni aperte e chiuse, omeomorfismi. Topologia immagine inversa. Sottospazi. Prodotto topologico di una famiglia di spazi topologici. Il cilindro $S^1 \times \mathbb{R}$, l' n -toro $S^1 \times \dots \times S^1$. Topologia immagine diretta. Spazi topologici quoziente. Quozienti di \mathbb{I}^2 (nastro di Moebius, toro, ...). Modelli topologici per gli spazi proiettivi reali; la sfera di Riemann. Spazi T_1 e spazi di Hausdorff. Compattezza, connessione, connessione per archi. Classificazione topologica delle coniche reali affini e proiettive. Gruppi topologici; i tori reali come gruppi topologici. Varietà topologiche.

Testi consigliatiE. SERNESI, *Geometria 1* (Bollati Boringhieri 1989).E. SERNESI, *Geometria 2* (Bollati Boringhieri 1994).

GEOMETRIA II**Docente: Giampaolo Menichetti****Tipo:** 80 ore di lezione e 70 ore di esercitazioni, annuale, 2° anno**Crediti:** 15**Esame:** scritto e orale

Scopo del corso: Trattare alcuni argomenti istituzionali concernenti la geometria proiettiva, le curve e le superfici algebriche, la topologia.

Contenuto del corso: Spazi proiettivi. Riferimenti proiettivi e coordinate omogenee. Sottospazi proiettivi e loro equazioni. Formula di Grassmann proiettiva e sue conseguenze. Completamento di uno spazio affine ad uno spazio proiettivo. Morfismi proiettivi. Il gruppo delle proiettività. Birapporto e sua invarianza per isomorfismi proiettivi. La proiettività indotta da un'affinità. Dualità proiettiva e principio di dualità. Generalità sulle ipersuperfici algebriche (in particolare curve piane e superfici degli spazi tridimensionali) e sulla loro classificazione euclidea, affine e proiettiva. Coniche e quadriche reali e complesse: forme canoniche, classificazione euclidea, affine e proiettiva. Iperquadriche. Fasci di coniche e quadriche. Proprietà metriche di coniche e quadriche reali. Spazi metrici e isometrie. Spazi topologici. La topologia euclidea su R^n e su C^n . Sottinsiemi: chiusura, interno, esterno, frontiera, ecc. Assiomi di numerabilità. Applicazioni continue e omeomorfismi. Sottospazi. Spazio prodotto di una famiglia di spazi topologici. Spazio quoziente. Spazi T_1 e spazi di Hausdorff. Compattezza e sue caratterizzazioni. Connessione.

Testi consigliatiE. SERNESI, *Geometria I e 2*, Bollati Boringhieri, Torino.**GEOMETRIA SUPERIORE I e II MODULO****Docente: Angelo Vistoli****ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE I e II MODULO****Docente: Paolo Muratori****Tipo:** Indirizzo didattico

Contenuto del corso: Studio qualitativo dei sistemi autonomi piani. La Teoria di Poincaré-Bendixon con alcuni degli sviluppi di Perron, Frammer, Liapunov, Lefschetz e

Bautin. Studio qualitativo delle curve piane. Teorema di preparazione Weierstrass. Teorema di Puiseux. Poligonale di Newton. Misura delle superfici e integrazione delle forme differenziali su varietà differenziabili. Calcolo tensoriale. Serie di Fourier. Trasformata di Fourier. Trasformata di Laplace. Teoria dei Modelli.

Uso del calcolatore, con programmi simbolici, per la soluzione di alcuni problemi trattati dai punti precedenti.

Testi consigliati

C. SANSONE, R. CONTI, *Equazioni differenziali non lineari*, Cremonese, Roma, 1956.

V.V. NEMYTSKII, V.V. STEPONOV, *Qualitative Theory of Differential equations*, Princeton, 1972.

S. LEFSCHETZ, *Differential Equations - Geometric Theory*, Interscience Publishers, New York, 1957.

A. CHENCINER, *Courves Algebriques Planes*, Publications Mathématiques de l'Université, Paris VII, 1978.

B. PINI, *Corso di Analisi I e II*, Clueb, Bologna.

B. PINI, *Terzo corso di Analisi Matematica, Cap. I*, Clueb, Bologna.

M. SPIVAK, *Differential Geometry*, Berkley, 1979.

C.C. CHANG, H.J. KEISLER, *Teoria dei Modelli*, Boringhieri.

DEMNOVIC, MAROM, *Fondamenti di calcolo numerico*, Edizioni MIR.

S. WOLFRAN, *Mathematica*, Addison-Wesley.

ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE I MODULO

Docente: Angelo Cavallucci

Tipo: ind. generale e applicativo, 5 ore settimanali di lezioni + 1 di esercitazioni, I semestre, III anno

Esame: scritto e orale

Scopo del corso: Il corso va considerato come seguito naturale di Analisi matematica I e di Analisi matematica II. Il contenuto complessivo di questi tre corsi fornisce la base minima di conoscenze di analisi matematica necessarie per il secondo biennio del corso di laurea.

Contenuto del corso: Spazi L^p : completezza; densità di alcune classi di funzioni, regolarizzazione. Trasformata di Fourier in L^1 , L^2 , per le distribuzioni temperate. Spazi H^s e loro tracce. Spazi di Hilbert: proiezione ortogonale, duale, basi ortonormali, serie di Fourier, convergenza debole e minimo di funzionali convessi; trasformazioni lineari continue e loro aggiunte, trasformazioni lineari compatte e loro diagonalizzazione nel caso autoaggiunto. Primi elementi di teoria delle distribuzioni e spazi di Banach.

Testi consigliati

- B. PINI, *Terzo corso di analisi matematica*, CLUEB, Bologna, 1977-79.
B. PINI, *Lezioni di analisi matematica di secondo livello, Parte prima*, CLUEB, Bologna.
B. PINI, *Lezioni di analisi matematica di secondo livello, Parte seconda*, CLUEB, Bologna.
H.L. ROYDEN, *Real analysis*, The Macmillan Company, New York, 1973.
W. RUDIN, *Analisi reale e complessa*, Boringhieri, Torino, 1974.
W. RUDIN, *Functional analysis*, Mc Grow-Hill, New York, 1973.
G. GILARDI, *Analisi tre*, Mc Grow-Hill Libri Italia, Milano, 1994.

ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE II MODULO

Docente: Angelo Cavallucci

Tipo: ind. generale e applicativo, 5 ore settimanali di lezioni+ 1 di esercitazioni, II semestre, III anno

Esame: orale

Scopo del corso: Il corso va considerato come seguito naturale di Analisi matematica I, di Analisi matematica II e del primo modulo di Istituzioni di Analisi Superiore. Il contenuto complessivo di questi corsi costituisce la base minima di conoscenze di analisi matematica necessarie per vari corsi specialistici di analisi matematica del secondo biennio del corso di laurea e per il dottorato in Matematica

Contenuto del corso: Misura astratta e spazi L^p , teorema di Radon-Nikodym, duale di L^p . Funzione massimale e proprietà di continuità, teorema di derivazione di Lebesgue. Spazi di Sobolev: teoremi di immersione e di traccia. Spazi di Banach: trasformazioni lineari continue oppure compatte; elementi di calcolo differenziale e teorema delle funzioni implicite.

Testi consigliati

- H. BREZIS, *Analisi funzionale. Teoria e applicazioni*, Liguori Editore, Napoli, 1986.
G. GILARDI, *Analisi tre*, Mc Grow-Hill Libri Italia, Milano, 1994.
B. PINI, *Terzo corso di analisi matematica*, CLUEB, Bologna, 1977-79.
B. PINI, *Lezioni di analisi matematica di secondo livello, Parte prima*, CLUEB, Bologna.
B. PINI, *Lezioni di analisi matematica di secondo livello, Parte seconda*, CLUEB, Bologna.
H.L. ROYDEN, *Real analysis*, The Macmillan Company, New York, 1973.
W. RUDIN, *Analisi reale e complessa*, Boringhieri, Torino, 1974.
W. RUDIN, *Functional analysis*, Mc Graw-Hill, New York, 1973.
A. TESEL, *Istituzioni di analisi superiore*, Bollati Boringhieri, Torino, 1997.
K. YOSHIDA, *Functional analysis*, Springer-Verlag, Berlin, Gottingen, Heidelberg, 1965.

ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA I MODULO**Docente: Vincenzo Grecchi****Tipo:** indirizzi didattico e applicativo, 30 ore di lezioni e 30 ore di esercitazioni**Esame:** orale

Scopo del corso: Introdurre lo studente al metodo ed agli argomenti della Fisica Matematica con esempi espliciti. Mostrare l'importanza del metodo e delle tecniche matematiche per la definizione delle teorie fisiche e per la costruzione e soluzione dei modelli. Migliorare e consolidare la preparazione generale in matematica tramite la soluzione completa di problemi complessi.

Contenuto del corso: Meccanica statistica non all'equilibrio: modello del gas di Lorentz, limite macroscopico, equazione lineare di Boltzmann, aumento dell'entropia. Meccanica statistica all'equilibrio: ensemble di Gibbs canonico, modello di campo medio della magnetizzazione. Teoria ergodica: Teorema ergodico in media. Sistemi ergodici e sistemi mescolanti. K-sistemi. Schemi di Bernoulli. Sistemi di Anosov. Meccanica quantistica: Stato del sistema e funzioni a quadrato sommabile. Quantizzazione delle grandezze fisiche. Gruppi di trasformazioni unitarie. Operatore Hamiltoniano. Equazione di Schroedinger dipendente dal tempo e indipendente dal tempo. Stati stazionari e stati legati. Teorema di alternanza dei nodi. Oscillatore armonico. Operatori di creazione e distruzione. Analisi semiclassica. Stati di diffusione, velocità di fase e velocità di gruppo. Problema libero.

Testi consigliati

C.J. THOMPSON, *Mathematical statistical Mechanics*, Princeton University Press, Princeton.

V.I. ARNOLD, A. AVEZ, *Problèmes Ergodiques de la Mécanique Classique*, Gautier-Villars Editeur, Paris.

L.D. LANDAU, E.M. LIFSHITZ, *Quantum Mechanics (non relativistic theory)*, Pergamon Press, Oxford.

V.I. ARNOLD, *Metodi geometrici della teoria delle equazioni differenziali ordinarie*, Editori Riuniti, Roma.

ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA II MODULO**Docente: Vincenzo Grecchi****Tipo:** indirizzi didattico e applicativo, 30 ore di lezioni e 30 ore di esercitazioni**Esame:** orale

Scopo del corso: Introdurre lo studente al metodo ed agli argomenti della Fisica Matematica con esempi espliciti. Mostrare l'importanza del metodo e delle tecniche

matematiche per la definizione delle teorie fisiche e per la costruzione e soluzione dei modelli. Migliorare e consolidare la preparazione generale in matematica tramite la soluzione completa di problemi complessi.

Contenuto del corso: Teoria elementare della diffusione in una dimensione. Matrice di monodromia e matrice di diffusione. Conservazione della corrente. Gruppo $SU(1,1)$. Ampiezza e coefficiente di trasmissione, effetto tunnel. Barriera quadrata e valore esponenzialmente piccolo del coefficiente di trasmissione. Risonanze. Buca finita e livelli degli stati stazionari come singolarità della ampiezza di trasmissione. Limite di buca infinita e di buca stretta. Problema della doppia buca. Fenomeno dello splitting, dei battimenti e della delocalizzazione. Potenziale periodico. Teorema di Floquet e stati di Bloch. Teoria delle bande. Soluzioni divergenti linearmente ai veri bordi di banda. Problema libero e problema con buche strette. Densità degli stati. Colore e trasparenza dei cristalli. Caso di potenziale simmetrico. Problemi in tre dimensioni. Momento angolare come generatore delle rotazioni. Espressione del momento angolare in coordinate polari. Autofunzioni ed autovalori comuni del quadrato del momento angolare e di una sua componente. Problemi centrali completi. Atomo di idrogeno: stati stazionari. Lo spin e il gruppo $SU(2)$. Indistinguibilità delle particelle identiche e statistiche di Bose e di Fermi.

Testi consigliati

C.J. THOMPSON, *Mathematical statistical Mechanics*, Princeton University Press, Princeton.

V.I. ARNOLD, A. AVEZ, *Problèmes Ergodiques de la Mécanique Classique*, Gautier-Villars Editeur, Paris.

L.D. LANDAU, E.M. LIFSHITZ, *Quantum Mechanics (non relativistic theory)*, Pergamon Press, Oxford.

V.I. ARNOLD, *Metodi geometrici della teoria delle equazioni differenziali ordinarie*, Editori Riuniti, Roma.

ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA I e II MODULO

Docente: Sandro Graffi

Tipo: Indirizzo didattico

ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE I MODULO**Docente: Salvatore Coen****Tipo:** il corso si svolgerà nel primo semestre, dedicato a studenti del terzo anno, ugualmente pensato per i tre indirizzi di studio; il programma d'esame sarà parzialmente differenziato per indirizzi. Le lezioni si articoleranno su 5/6 ore settimanali di cui 2 principalmente dedicate ad esercitazioni**Esame:** orale; per gli studenti dell'indirizzo generale essa sarà integrata obbligatoriamente da una breve prova scritta preliminare; per gli studenti degli altri indirizzi tale prova scritta sarà facoltativa

Scopo del corso: lo studio della derivabilità e della analiticità in campo complesso è necessario per completare metodi e nozioni appresi nel primo biennio; nell'ambito complesso si verificano, infatti, fenomeni di natura diversa dal caso reale. Scopo del corso è pertanto fornire una solida base di conoscenze di variabile complessa, secondo l'impostazione classica, illustrando anche qualche applicazione. Prerequisiti: conoscenza dei corsi di Analisi Matematica e Geometria del primo biennio.

Contenuto del corso: *Teoria classica delle funzioni di una variabile complessa.* Serie di potenze e funzioni analitiche. Integrazione di forme differenziali chiuse. La differenziabilità complessa e la teoria di Cauchy. Altri risultati classici fondamentali. Applicazioni.

Testi consigliati

H. CARTAN, *Théorie élémentaire des fonctions analytiques d'une ou plusieurs variables complexes*, Hermann Ed. (prima ediz. 1961, molte altre ristampe; è disponibile anche una traduzione in lingua inglese).

Potranno essere distribuiti anche appunti scritti.

ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE II MODULO**Docente: Salvatore Coen****Tipo:** il corso si svolgerà nel secondo semestre, dedicato a studenti del terzo anno, ugualmente pensato per i tre indirizzi di studio; il programma d'esame sarà parzialmente differenziato per indirizzi. Le lezioni si articoleranno su 5/6 ore settimanali di cui 2 principalmente dedicate ad esercitazioni.**Esame:** orale

Scopo del corso: Introdurre la teoria classica delle curve e delle superficie differenziabili; particolare enfasi sugli esempi e sulla Geometria Differenziale nello spazio ordinario. Prerequisiti: conoscenza dei corsi di Analisi Matematica e Geometria del primo biennio.

Contenuto del corso: *Introduzione alla Geometria Differenziale Classica di Curve e Superficie*. Cammini differenziabili parametrizzati. La teoria di Frénet - Serret. Sottovarietà differenziabili dello spazio reale n-dimensionale e la nozione di varietà differenziabile. Teoria classica locale delle superficie regolari. Applicazioni ed esempi.

Testi consigliati

M. P. DO CARMO, *Differential Geometry of Curves and Surfaces*, Prentice-Hall.
Saranno distribuiti anche appunti scritti.

MATEMATICA PER LE APPLICAZIONI ECONOMICHE E FINANZIARIE I e II MODULO

Docente: Daniele Ritelli

MATEMATICHE COMPLEMENTARI I MODULO

Docente: Piero Plazzi

Tipo: 40 ore di lezione, I semestre, IV anno

Esame: prova scritta, seguita da orale;

Scopo del corso: Esporre i concetti fondamentali della logica matematica (calcolo degli enunciati e dei predicati), per ottenere sia una visione critica delle odierne presentazioni della matematica, sia un inquadramento moderno per la sua didattica, sia specifici contenuti disciplinari richiesti nell'insegnamento e propri della logica.

Contenuto del corso: Linguaggi naturali e linguaggi formali. Concetti fondamentali della logica classica: valore di verità, enunciato, connettivo, quantificatore. I connettivi più usati: negazione, congiunzione, disgiunzioni, implicazioni; tavole di verità. Calcolo dei connettivi ed equivalenza logica. Distinzioni fondamentali in logica formale: linguaggio/meta-linguaggio, uso/menzione, sintassi/semantica. Aspetti semantici del calcolo degli enunciati: tautologie, adeguatezza di insiemi di connettivi, ragionamento (enunciativo) corretto. Algebre di Lindenbaum. Aspetti sintattici: nozioni di teoria logica, di fbf , di assioma, di regola d'inferenza, di dimostrazione, di teorema. Impostazione assiomatica del calcolo degli enunciati: consistenza e completezza sintattiche. Sintassi del calcolo dei predicati: costanti, variabili, simboli funzionali (termini), simboli predicativi. Assiomi logici e regole di inferenza. Teorie con uguaglianza. Interpretazioni, modelli: soddisfacibilità, verità e validità logica. Teorie del primo ordine: assiomi propri. Il teorema del modello e la compattezza logica: completezza delle teorie del primo ordine. Sillogismi: loro struttura (proposizioni universali o

particolari, affermative o negative) e classificazione (figure). Regole di inferenza: conversio simplex, per contrapositionem. Sillogismi tradizionali. Interpretazione mediante classi. Conversio per accidens e sillogismi difettivi: la classe vuota.

Testi consigliati

G. LOLLÌ, *Introduzione alla logica formale*, Il Mulino, Bologna.

E. MENDELSON, *Introduzione alla Logica Matematica*, Boringhieri, Torino.

Sono in preparazione dispense del corso.

MATEMATICHE COMPLEMENTARI II MODULO

Docente: Piero Plazzi

Tipo: 40 ore di lezione, II semestre, IV anno

Esame: prova orale;

Scopo del corso: Il modulo presenta specifici argomenti di interesse didattico e più generalmente culturale, che possono cambiare di anno in anno, anche come applicazione di quanto esposto nel I modulo; si consiglia pertanto di prendere visione del programma relativo. Seguono a titolo informativo i contenuti svolti nell'a.a. 96/97.

Contenuto del corso: (1) Computabilità e teorema di Gödel. La computabilità come nozione intuitiva. Funzioni ricorsive primitive (r.p.): schemi di ricorsione e sostituzione, schemi derivati: relazioni r.p.. La funzione di Ackermann ed il m-operatore: funzioni e relazioni m-ricorsive. Equivalenza tra funzioni m-ricorsive e funzioni computabili: la tesi di Church. Assiomi di Peano ed aritmetica formale (PA). Funzioni rappresentabili in PA e funzioni (m-)ricorsive. Gödelizzazione di una estensione di PA. Primo e secondo teorema di Gödel (-Rosser) sulla incompletezza. (2) Sistemi di numerazione. Numeri e numerali. Rappresentazione di numeri naturali: (a) Sistemi di numerazione (s.n.) nella lingua ordinaria; (b) Il sistema unario e le macchine di Turing: ricorsività e computabilità secondo Turing. (c) Sviluppo dell'idea di s.n. posizionale. Un teorema generale: s.n. posizionali a base variabile. (d) Il s.n. posizionale moderno nelle basi più comuni. (e) Il sistema di Fibonacci. S. n. per numeri reali con base intera $b \geq 2$: applicazioni, l'insieme ternario di Cantor. Rappresentazione mediante frazioni continue. S.n. astratti: alcuni esempi; esistenza e unicità della rappresentazione, connessioni con la teoria dei frattali.

Testi consigliati

EDGAR, *Measure, Topology and Fractal Geometry*, UTM Springer.

MENDELSON, *Introduzione alla Logica Matematica*, Boringhieri, Torino.

Sono in preparazione dispense del corso.

**MATEMATICHE ELEMENTARI DA UN PUNTO DI VISTA SUPERIORE I
MODULO**

Docente: Angelo Vistoli

Contenuto del corso:

- Teoria di Galois delle equazioni algebriche
- Estensioni algebriche di un campo.
- Gruppo di Galois e teorema fondamentale.
- Risolubilità delle equazioni per radicali e teorema di Ruffini-Abel.

**MATEMATICHE ELEMENTARI DA UN PUNTO DI VISTA SUPERIORE II
MODULO**

Docente: Mirella Manaresi

Contenuto del corso:

- Curve algebriche piane.
- Curve algebriche affini e proiettive.
- Punti multipli.
- Eliminazione e intersezioni.
- Sistemi lineari di curve piane e serie lineari secate su una curva.

MECCANICA DEI CONTINUI I e II MODULO

Docente: Franca Franchi

MECCANICA RAZIONALE

Docente: André Martinez

Tipo: 75 ore di lezione, 75 di esercitazioni, II anno

Esame: scritto (Validità: 1 sessione. Conservazione: presso il ricercatore addetto alle esercitazioni)

Scopo del corso: Introduzione ai problemi fondamentali della dinamica dei sistemi ed in particolare alla teoria delle oscillazioni, al formalismo lagrangiano e hamiltoniano e alla dinamica del corpo rigido.

Contenuto del corso: Preliminari geometrici su curve e cinematica. Equazioni del moto. Sistemi a un grado di libertà. Integrale dell'energia. Moti periodici. Problema dei due corpi e leggi di Keplero. Sistemi a più gradi di libertà. Teoremi generali della meccanica dei sistemi non vincolati (quantità di moto, momento della quantità di moto, forze vive). Meccanica lagrangiana: elementi di calcolo delle variazioni, equazioni di Eulero-Lagrange, trasformazione di Legendre, equazioni di Hamilton. Alcuni risultati generali della meccanica Hamiltoniana: teorema di Liouville, teorema della ricorrenza di Poincaré. Meccanica dei sistemi vincolati. Preliminari geometrici su superficie e varietà. Sistemi lagrangiani. Teorema di Noether. Moltiplicatori di Lagrange. Diverse forme dei principi dei lavori virtuali e di d'Alembert e loro applicazioni alla statica. Oscillazioni: linearizzazione delle equazioni del moto, stabilità e instabilità delle configurazioni di equilibrio. Piccole oscillazioni e loro modi normali di oscillazione. Equazioni differenziali a coefficienti periodici. Teoria di Floquet e risonanza parametrica. Il problema del moto relativo. Velocità angolare. Forze d'inerzia, centrifughe e di Coriolis. Dinamica relativa del punto materiale. Cinematica rigida: gli angoli di Eulero. Tensore d'inerzia. Equazioni di Eulero e moto alla Poincaré. Il giroscopio di Lagrange. Fenomeni giroscopici.

Testi consigliati

V.I. ARNOLD, *Metodi matematici della meccanica classica*, Editori Riuniti, Roma, 1977, Capitoli da 1 a 6.

T. LEVI-CIVITA e U. AMALDI, *Lezioni di Meccanica razionale*, Voll. I e II, Zanichelli, Bologna, Ristampa 1975.

MECCANICA SUPERIORE I MODULO

Docente: Sandro Graffi

Tipo: 36 ore di lezione, I semestre, III o IV anno

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire gli strumenti geometrico-differenziali di base per la meccanica analitica, e introdurre gli studenti alle tecniche e ai problemi fondamentali di questa disciplina.

Contenuto del corso: Introduzione alle forme differenziali sulle varietà. Prodotti esterni, integrazione sulle varietà, differenziazione esterna, formula di Stokes. Introduzione alle varietà simplettiche e al formalismo canonico.

Testi consigliati

V.I. ARNOLD, *Metodi matematici della meccanica classica*, Editori Riuniti, Roma, 1977, Capitoli 7 e 8.

MECCANICA SUPERIORE II MODULO

Docente: Emanuela Caliceti

Tipo: 36 ore di lezione, II semestre, III o IV anno

Esame: orale

Scopo del corso: Esporre, dopo gli opportuni prerequisiti, il risultato più importante della moderna meccanica analitica sulla stabilità dei moti nei sistemi dinamici conservativi.

Contenuto del corso: Richiami sul formalismo canonico. Equazione di Hamilton-Jacobi e sistemi integrabili. Teoria canonica delle perturbazioni tramite il metodo di Lindstedt-Poincaré e quello della serie di Lie. Teorema di Kolmogorov-Arnold-Moser sulla conservazione dei moti quasi periodici.

Testi consigliati

V.I. ARNOLD, *Metodi matematici della meccanica classica*, Editori Riuniti, Roma, 1977, Capitoli 9 e 10.

G. GALLAVOTTI, *Meccanica elementare*, Boringhieri, Torino, 1977, Capitolo 5.

METODI DI APPROSSIMAZIONE I MODULO

Docente: Ilio Galligani

Tipo: 40 ore di lezione

Scopo del corso: Analisi dei principali metodi numerici per la risoluzione sul calcolatore di problemi di programmazione matematica di controllo ottimo e di identificazione dei parametri di sistemi distribuiti.

Contenuto del corso: Problemi di programmazione matematica: condizioni di ottimalità. Metodi numerici per la risoluzione sul calcolatore dei suddetti problemi. Analisi dei sistemi dinamici e dei sistemi di controllo. Metodi numerici per problemi di controllo ottimo e per l'identificazione dello stato e dei parametri di sistemi distribuiti.

Testi consigliati

D.G. LUENBERGER, *Linear and Nonlinear Programming*, Addison Wesley Publ. Comp. Reading Mass. (1984).

D.G. LUENBERGER, *Introduction to Dynamic Systems: Theory, Models and Applications*, J. Wiley & Sons, New York (1979).

W.L. BROGAN, *Modern Control Theory*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J. (1991).

METODI DI APPROSSIMAZIONE II MODULO

Docente: Ilio Galligani

Tipo: 40 ore di lezione

Scopo del corso: Analisi dei principali metodi numerici per la risoluzione sul calcolatore di problemi retti da equazioni integrali e di problemi mal posti.

Contenuto del corso: Metodi numerici per la risoluzione sul calcolatore di equazioni integrali di prima e di seconda specie di Fredholm e di Volterra. Analisi di alcuni problemi mal posti con particolare riferimento al problema della ricostruzione di una immagine. Metodi numerici per la risoluzione di tale problema. Presentazione di un problema reale e costruzione di un insieme di modelli matematici per la rappresentazione di determinati aspetti della realtà. Analisi di tali modelli.

METODI E MODELLI MATEMATICI PER LA APPLICAZIONI I e II MODULO

Docente: Mirco degli Esposti

METODI MATEMATICI E STATISTICI I MODULO

Docente: Ermanno Lanconelli

Tipo: 50 ore di lezione, corso semestrale di I ciclo

Esame: orale

Scopo del corso: Presentazione dei primi elementi della teoria delle equazioni alle derivate parziali. Primi classici esempi di applicazione alla elettrostatica, alla diffusione del calore, alla propagazione ondosa.

Contenuto del corso: Serie di Fourier: sviluppabilità delle funzioni periodiche, convergenza puntuale. Problemi di Dirichlet, di Fourier e di D'Alembert. Metodi di sommazione delle serie divergenti: gli algoritmi di Abel, di Cesàro e di Borel. Derivate deboli: applicazione alla risoluzione di problemi di propagazione.

Testi consigliati

Vengono distribuiti appunti agli studenti.

METODI MATEMATICI E STATISTICI II MODULO

Docente: Sergio Polidoro

RICERCA OPERATIVA I MODULO

Docente: Angelo Cavallucci

SPAZI ANALITICI I MODULO

Docente: Arturo Vaz Ferreira

Tipo: il corso si svolgerà nel primo semestre, dedicato a studenti del terzo e quarto anno, ugualmente pensato per i tre indirizzi di studio. Si prevedono 3 ore settimanali

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire un approccio moderno alla teoria delle funzioni di variabile complessa, necessario per chi debba continuare gli studi. Il corso potrà essere seguito anche contemporaneamente ad un corso introduttivo alla teoria classica in una variabile. Si cercherà, nella parte iniziale, di colmare alcune tradizionali lacune che compiano (necessariamente) nei corsi nazionali, fornendo una dimostrazione completa del teorema di Stokes (formula di Gauss, teorema della divergenza) nel piano ed una introduzione alle forme differenziali sul piano. Prerequisiti: conoscenza dei corsi di Analisi Matematica e Geometria del primo biennio.

Contenuto del corso: Prima parte: Forme differenziali complesse di grado $p \leq 2$. Il teorema di Stokes nel piano. La seconda parte del corso sarà discussa con gli studenti in base allo stato delle loro conoscenze. Si presenta, comunque, le seguenti proposte:

Integrazione dell'operatore $d\llcorner$ su aperti complessi. Il teorema di Runge. Il teorema di Mittag-Leffler. Il teorema di Weierstrass per i divisori 0-dimensionali.

Testi consigliati

L. HORMANDER, *Complex Analysis in Several Variables*, Springer.

P. DOLBEAULT, *Analyse Complexe*, Masson.

C. BERENSTEIN, R. GAY, *Complex Variables: An Introduction*.

SPAZI ANALITICI II MODULO

Docente: Salvatore Coen

STATISTICA MATEMATICA I e II MODULO

Docente: Massimo Campanino

TEORIA DELLE FUNZIONI

Docente: Elena Serra

TEORIA ED APPLICAZIONE DELLE MACCHINE CALCOLATRICI

Docente: Luciano Margara

Tipo: Corso annuale 80 ore di lezione, 40 ore di esercitazione e laboratorio

Esame: scritto, integrato con Laboratorio di programmazione

Contenuto del corso: Algoritmi e programmi. Ricorsione e induzione. Tempo di esecuzione dei programmi e relazioni di ricorrenza. Soluzione delle relazioni di ricorrenza. Analisi O-grande. Modelli dei dati: liste, pile, code, alberi, insiemi, relazioni, grafi, dizionari. Tecniche di progettazione: divide et impera, backtracking, greedy, programmazione dinamica. Algoritmi fondamentali. Algoritmi di ordinamento: bubble sort, selection sort, insertion sort, quick sort, tree sort, merge sort, counting sort, radix sort, bucket sort. Algoritmi di ricerca: binary search, tabelle hash. Algoritmi su grafi: ricerca depth-first, ricerca breadth-first, albero minimo di copertura, cammini minimi,

chiusura transitiva. Strutture dati avanzate: code a priorità, Fibonacci heap, alberi 2-3, alberi rosso-nero, find-merge-set. Generazione dei numeri pseudo casuali. Applicazione alla simulazione e hashing. Teoria della complessità e decidibilità. Macchine di Turing. Non determinismo ed enumerazione. Classi P e NP. NP-completezza e riducibilità. Teorema di Cook-Levin.

Il corso è annuale e affiancato da un'attività di laboratorio che ne costituisce parte integrante. Durante l'attività di laboratorio verranno illustrati i principi fondamentali del linguaggio ipertestuale HTML e del linguaggio di programmazione JAVA.

Testi consigliati

A. AHO, J. ULLMAN, *Fondamenti di Informatica*, Zanichelli, Bologna, 1994.

T.H. CORMEN, C.E. LEISERSON, R.L. RIVEST, *Introduction to Algorithms*, MIT Press, Cambridge, 1990.

A. BERTOSSI, *Strutture, Algoritmi, Complessità*, ECIG, Genova, 1990.

D. FLANAGAN, *Java in a Nutshell*, O'Reilly ed.

TEORIA MATEMATICA DEL CONTROLLO I e II MODULO

Docente: Angelo Favini

Tipo: 2 moduli di 40 ore ciascuno, 3° o 4° anno di corso

Esame: Orale

Scopo del corso: Il Corso è suddiviso in due moduli, il primo propedeutico al secondo, ed è consigliato a studenti dell'indirizzo generale e dell'indirizzo applicativo.

La teoria del controllo per equazioni differenziali (sia ordinarie che alle derivate parziali), oltre che per il suo interesse intrinseco, ha assunto una importanza crescente nella ricerca matematica per le sue applicazioni pratiche (controllo di processi chimici, controllo di strutture elastiche, stabilizzazione della instabilità del plasma, ecc.).

Poichè l'area più attuale della ricerca si concentra su modelli infinito-dimensionali, la prima parte del Corso fornisce gli strumenti indispensabili, come la teoria dei semigrupp di operatori lineari, per sviluppare una teoria del controllo relativa a sistemi evolutivi.

Contenuto del corso:

Primo modulo : Semigrupp di operatori lineari. Equazioni di evoluzione. Esempi di applicazione ad equazioni differenziali e alle derivate parziali.

Secondo modulo : Controllo di sistemi differenziali lineari in dimensione finita. Controllabilità, osservabilità e stabilizzabilità di una classe di sistemi infinito-dimensionali. Controllo ottimo quadratico. Equazione di Riccati. Esempi di sistemi controllati: equazioni paraboliche, equazione delle onde, equazioni con ritardo.

Testi consigliati

- A.BENSOUSSAN, G.DA PRATO, M.DELFOUR, S.MITTER, *Representation and Control of infinite dimensional systems*, Vols. I & II, Birkäuser 1992, 1993.
- R.CURTAIN, A.PRITCHARD, *Infinite dimensional linear systems theory*, Springer 1978.
- R.DAUTRAY, J.L.LIONS, *Mathematical analysis and numerical methods for science and technology*, Vol. 5: Evolution Problems 1, Springer 1992.
- J.L.LIONS, *Optimal control of systems described by partial differential equations*, Springer 1971.
- A. PAZY, *Semigroups of linear operators and applications to partial differential equations*, Springer 1991.
- B. PINI, *Lezioni di analisi matematica di secondo livello*, parte II, Clueb 1990.
- H. TANABE, *Equations of evolution*, Pitman 1979.
- J.ZABCZYK: *Mathematical control theory: an introduction*, Birkäuser 1992.

TOPOLOGIA ALGEBRICA I MODULO

Docente: Massimo Ferri

Tipo: 48 ore di lezione, 2° semestre, 3° anno

Esame: orale, con correzione degli esercizi svolti durante il corso

Scopo del corso: Fornire i principî di base dell'omotopia e dell'omologia, anche mediante l'uso di complessi simpliciali. Mettere lo studente in condizione di svolgere i calcoli più elementari di gruppo fondamentale e di gruppi di omologia.

Contenuto del corso: Categorie e funtori. Presentazioni di gruppi; gruppi abeliani. Omotopia. Complessi simpliciali; triangolazioni. Suddivisioni. Approssimazione simpliciale. Gruppo fondamentale. Gruppo dei lati. Teorema di Seifert - Van Kampen. 2-varietà e loro classificazione. Spazi di rivestimento. Complessi di catene e gruppi di omologia. Mappe ed omotopie di catene. Omologia singolare. Omologia simpliciale. Matrici d'incidenza. Successioni esatte. Teorema di Mayer - Vietoris. Cenno sull'omologia a coefficienti arbitrari. Cenni su: CW-complessi, coomologia, dualità di Poincaré, 3-varietà.

Testi consigliati

C.R.F. MAUNDER, *Algebraic Topology*, Van Nostrand, London.

**Corso di Laurea
in
SCIENZE AMBIENTALI**

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE AMBIENTALI

Introduzione

ASPETTI GENERALI

Il Corso di Laurea in Scienze ambientali è organizzato in 5 anni con 32 discipline annuali o semestrali che danno luogo a 28 esami di cui 4 integrati. L'impegno didattico complessivo è di 2720 ore.

Il corso è suddiviso in un biennio propedeutico ed in un triennio di indirizzo. Gli indirizzi attivati sono: Marino e Terrestre.

Gli insegnamenti del biennio propedeutico (14 discipline con 12 esami di cui 2 integrati) sono obbligatori per tutti gli indirizzi con un complessivo monte orario di 1190 ore. Per ciascuno degli indirizzi sono previste 12 discipline obbligatorie per un monte orario complessivo di 1020 ore con 10 esami di cui 2 integrati. Lo studente è tenuto a sostenere un colloquio di conoscenza veicolare di lingua straniera.

Il Corso di Laurea ha sede in Ravenna. Le lezioni vengono svolte presso la Casa Matha (I anno), ex-Asili (II anno e Indirizzo Marino), Istituto Tecnico Agrario (Indirizzo Terrestre). Le esercitazioni di biologia, ecologia e litologia si svolgono presso gli ex-Asili, quelle di chimica e fisica presso l'Istituto Tecnico Industriale e quelle di informatica presso il Palazzo Rasponi.

PIANO DIDATTICO

BIENNIO PROPEDEUTICO

<i>1° Anno</i>	<i>2° Anno</i>
1 Istituzioni di Matematica I;	1 Istituzioni di Matematica II;
2 Fisica Generale I;	2 Fisica Generale II;
3 Chimica Generale ed Inorganica;	3 Chimica Organica;
4 Biologia I;	4 Biologia II (b);
5 Litologia e Geologia;	5 Ecologia;
6 Diritto e Legislazione dell'ambiente.	6 Fondamento di Analisi di Sistemi Ecologici (5,6: Esame Integrato);
	7 Laboratorio di Fisica Generale (2,7: Esame Integrato);
	8 Economia dell'ambiente.

Nel biennio propedeutico sono obbligatorie anche le esercitazioni pratiche (ivi

comprese esercitazioni numeriche, metodi di osservazione, campionamento e misure) secondo quanto previsto dall'art. 6, primo comma, della legge 18 marzo 1958, n. 311.

TRIENNIO DI INDIRIZZO MARINO

Titolo conseguibile: laurea in scienze ambientali (indirizzo marino). Le dodici discipline di indirizzo risultano collocate sette nel terzo anno, quattro nel quarto e una nel quinto anno, con un monte orario per l'attività didattica complessiva di 1020 ore.

3° Anno	4° Anno
1 Chimica Analitica;	1 Ecologia Applicata;
2 Sedimentologia;	2 Geologia Marina;
3 Oceanografia e Meteorologia;	3 Laboratorio di Ecologia Applicata (1,3: Esame Integrato);
4 Oceanografia Biologica;	4 Metodi Probabilistici, Statistici e Processi Stocastici.
5 Oceanografia Chimica;	
6 Teoria ed Applicazione delle Macchine Calcolatrici;	
7 Laboratorio di Strumentazione Oceanografica (3,7: Esame Integrato).	

5° Anno
1 Principi di valutazione di impatto ambientale.

ORIENTAMENTO RISORSE BIOTICHE

I Blocco di gestione risorse biotiche marine

- 1 Biologia della pesca e acquacultura
- 2 Sistematica degli organismi vegetali marini
- 3 Planctologia
- 4 Politica economica dell'ambiente

II Blocco di biotecnologia marina

- 1 Biotecnologia marina
- 2 Biochimica degli organismi marini
- 3 Fisiologia degli organismi marini
- 4 Genetica.

III Blocco di ecologia marina

- 1 Fisiologia degli organismi marini
- 2 Microbiologia marina
- 3 Planctologia
- 4 Chimica delle sostanze naturali marine.

ORIENTAMENTO RISORSE ABIOTICHE*I Blocco di gestione dei litorali e della piattaforma continentale*

- 1 Aerofotointerpretazione e telerilevamento
- 2 Evoluzione delle coste e della piattaforma continentale
- 3 Regime e protezione dei litorali
- 4 Inquinamento e depurazione dell'ambiente marino.

II Blocco di georisorse marine

- 8 Evoluzione della costa e della piattaforma continentale
- 9 Geofisica marina
- 10 Stratigrafia marina
- 11 Fisica terrestre.

III Blocco di chimica del mare

- 1 Chimica delle sostanze naturali marine
- 2 Inquinamento e depurazione dell'ambiente marino
- 3 Protezione dell'ambiente marino
- 4 Radioattività.

IV Blocco oceanografico-fisico

- 1 Geofisica marina
- 2 Radioattività
- 3 Dinamica delle grandi masse
- 4 Fisica terrestre.

TRIENNIO DI INDIRIZZO TERRESTRE

Titolo conseguibile: laurea in scienze ambientali (indirizzo terrestre). Per il momento è previsto solo l'orientamento chimico. Le dodici discipline di indirizzo risultano collocate sette nel terzo anno, quattro nel quarto e una nel quinto anno, con un monte orario per l'attività didattica complessiva di 1020 ore.

3° Anno	4° Anno
1 Chimica analitica (comune anche all'indirizzo marino) 2 Ecologia applicata 3 Fisica terrestre 4 Geopedologia 5 Teoria ed applicazione delle macchine calcolatrici (comune anche all'indirizzo marino) 6 Laboratorio di analisi chimica (1,6: esame integrato) 7 Laboratorio di Geopedologia (4,7: esame integrato).	1 Climatologia e meteorologia 2 Idrologia e Idrogeologia 3 Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici 4 Microbiologia.

5° Anno
1 Principi di valutazione di impatto ambientale (comune anche all'indirizzo marino).

ORIENTAMENTO CHIMICO

I Blocco chimica ambientale

- 1 Chimica fisica (obbligatorio)
- 2 Geochimica
- 3 Chimica dell'ambiente
- 4 Chimica del terreno.

II Blocco gestione e tutela del territorio

- 1 Chimica fisica (obbligatorio)
- 2 Radioattività
- 3 Metodi e tecniche di disinquinamento
- 4 Tossicologia e controllo degli inquinanti.

III Blocco inquinamento

- 1 Chimica fisica (obbligatorio)
- 2 Pianificazione e assetto del territorio
- 3 Politica economica dell'ambiente
- 4 Tutela dei parchi e delle risorse naturali

IV Blocco gestione e ecologia delle acque interne

- 1 Chimica fisica
- 2 Metodi e tecniche di disinquinamento
- 3 Pianificazione e assetto del territorio
- 4 Politica economica dell'ambiente

Fuori blocco

1 Sistematica Vegetale

ASSEGNAZIONE DELLE TESI

L'assegnazione degli argomenti delle tesi di laurea è subordinata al superamento di almeno 20 esami, di cui 16 fondamentali dei primi tre anni di corso. Per l'indirizzo Terrestre è obbligatorio l'esame di Chimica fisica.

Nelle sedi del CdL è esposto un elenco dei gruppi di materie su cui possono essere assegnate tesi di laurea e dei relativi relatori. Sulla base di tale elenco, gli studenti in possesso dei requisiti richiesti per la presentazione della domanda di tesi possono prendere accordi con i singoli docenti, compilare e presentare al Presidente del CCdL un modulo predisposto e reperibile presso la segreteria. Tali domande dovranno recare le seguenti informazioni:

- generalità del richiedente;
- orientamento e blocco scelto;
- altri esami scelti;
- titolo (eventualmente provvisorio) della tesi;
- nome del docente relatore;
- nome del correlatore/i (uno o più, di area disciplinare differente, in appoggio all'argomento di tesi, che è per definizione interdisciplinare; possono essere anche non appartenenti al CdL).

Le domande saranno valutate nella prima seduta del CCdL successiva alla loro consegna. Il titolo definitivo della tesi va comunque consegnato 6 mesi prima della discussione della tesi stessa (sono possibili solo piccole rettifiche). Un controrelatore sarà assegnato dal CCdL nel corso della riunione precedente alla sessione di laurea.

ESAME DI LAUREA

Per accedere all'esame di laurea lo studente deve consegnare, almeno 20 giorni prima della data fissata, una copia della tesi alla Segreteria dell'Università, siglata con firma dal relatore. Una seconda copia verrà consegnata alla Biblioteca del CdL; una copia va poi consegnata al relatore ed una ciascuno ai correlatori. Ciascuna copia deve essere redatta in forma definitiva e completa di tutti gli elaborati previsti.

La valutazione dell'esame di laurea spetta alla Commissione di Laurea, la quale terrà conto sia della valutazione della tesi che della qualità dell'esposizione.

Programmi dei corsi

AEROFOTOINTERPRETAZIONE E TELERILEVAMENTO

Docente: Rodolfo Zecchi

Tipo: 90 ore di lezione ed applicazioni, 4° e 5° anno

Scopo del corso: L'obiettivo e l'argomento del corso è di illustrare le tecniche e le metodologie per il telerilevamento e l'interpretazione delle immagini nell'ambito delle scienze ambientali e nella conservazione dei beni naturali e di addestrare gli studenti all'uso degli strumenti, in particolare degli stereoscopi, per applicare quanto appreso mediante esercitazioni pratiche. Pertanto il corso si articolerà in due moduli, uno di teoria ed uno applicazioni.

Contenuto del corso: *(parte teorica)* Cenni sulla percezione visiva e sulla fisica del telerilevamento, nozioni sulla visione umana, energia elettromagnetica, spettro elettromagnetico, sensori e scanner, apparecchiatura fotografiche, pellicole pancromatiche B/N, a colori, infrarosso, falso colore. Sistemi di telerilevamento, sistemi attivi, sistemi passivi, sistema terrestre - fotocamere terrestri, sistema aereo - fotocamere aeree, storia della fotografia aerea, sistema spaziale - immagini multispettrali - immagini radar. Immagini fotografiche, fotografie orizzontali, fotografie oblique, fotografie zenitali, fotopiani e ortofotopiani, fotografie stereoscopiche, scala delle foto, orientamento delle foto, esagerazione del rilievo, tono, contrasto, tessitura, drenaggio. Strumenti per la fotointerpretazione e la restituzione, stereoscopi, restitutori, barra di parallasse, planimetri. Acquisizione delle immagini fotografiche aeree, enti e ditte autorizzate all'esecuzione delle immagini aeree, enti e ditte autorizzate alla distribuzione delle immagini aeree, normativa e legislazione vigente in materia di riprese aeree, carte topografiche e C.T.R., archivi aerofotografici e cartografici regionale e nazionali. Tracce presenti sul terreno, trasformazione dell'ambiente e scomparsa delle tracce, uso del suolo.

(parte applicativa) Interpretazione delle immagini aeree, orientamento di una stereocoppia, esercizi pratici di fotointerpretazione e restituzione, fotointerpretazione di un modello stereoscopico, restituzione speditiva degli elementi particolari, realizzazione di immagini stereoscopiche, calcolo dei parametri di una foto aerea, orientamento di una foto, calcolo della scala di una foto, calcolo delle altezze, calcolo delle aree, calcolo delle coordinate piane e sferiche. Prova pratica di fotointerpretazione e fotorestituzione, escursione didattica.

Testi consigliati

G. ALVISI, *La fotografia aerea nell'indagine archeologica*, NIS.
E. AMADESI, *Manuale di fotointerpretazione con elementi di fotogrammetria*, Pitagora.
AVERY/BERLIN, *Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation*, Macmilan.
P.A. BRIVIO, G. ZANI, *Glossario trilingue di telerilevamento*, A.I.T.
F. MANTOVANI, B. MARCOLONGO, *Fotogeologia, il telerilevamento nelle scienze della terra*, NIS.

BIOCHIMICA DEGLI ORGANISMI MARINI

Docente: Otello Cattani

Tipo: 85 ore di lezione

Esame: orale

Scopo del corso: Dare una conoscenza elementare, seguendo un approccio comparato, di alcuni dei meccanismi biochimici implicati nei processi generali del metabolismo ed in particolare dare elementi specifici di biochimica marina valutando la risposta biochimica degli organismi alle condizioni caratteristiche dell'ambiente marino.

Contenuto del corso: *Struttura e proprietà delle biomolecole* – Lipidi: acidi grassi. Classi lipidiche: triacilgliceroli; alchildiacylgliceroli; cere; lipidi polari. Le membrane biologiche. Idrocarburi. Glucidi: mono, oligo e polisaccaridi. Proteine: aminoacidi, legame peptidico. Struttura e funzioni delle proteine. Nucleotidi ed acidi nucleici.

Metabolismo – Cenni sulle principali vie del catabolismo (b ossidazione degli acidi grassi. Glicogenolisi. Glicolisi). Ciclo di Krebs e fosforilazione ossidativa. Sintesi e consumo di ATP. I principali livelli di regolazione del metabolismo.

Escrezione delle sostanze azotate – Catabolismo degli aminoacidi. Transaminazione. Deaminazione ossidativa. Ciclo dell'urea (mammiferi e elasmobranchi). Produzione di urea in pesci e molluschi (catabolismo delle basi puriniche) e crostacei. Produzione e trasporto di NH₃. Ciclo dell'AMP deaminasi. Sintesi dell'ossido di trimetilammonio.

Assimilazione del carbonio – Fotosintesi: pigmenti fotosintetici; fase luminosa, fase oscura. Fotorespirazione. Fotosintesi anossigenica.

Assimilazione dell'azoto – Fissazione dell'azoto molecolare. Utilizzazione del nitrato, del nitrito e dello ione ammonio. Ruolo e regolazione degli enzimi nitrato e nitrito reductasi, glutammato deidrogenasi, glutamina sintetasi e glutammato sintasi.

Accumulo e consumo delle riserve energetiche – Variazioni stagionali di lipidi, glucidi e proteine in organismi marini e fattori che regolano accumulo e consumo. Correlazione riserve e ciclo gonadico. Riserve lipidiche e metabolismo energetico in larve di invertebrati. Stress alimentari e digiuno fisiologico in pesci ed invertebrati marini.

Adattamento alla carenza di ossigeno – Concentrazione di ossigeno in mare e sua utilizzazione: pigmenti respiratori. Metabolismo energetico anaerobico. Modificazione della glicolisi classica negli animali euriossici. Depressione metabolica. Regolazione enzimatica. Produzione anaerobica di ATP.

Adattamento all'idrogeno solforato – Riduzione assimilativa e dissassimilativa dei solfati. Ambienti ricchi di idrogeno solforato. Meccanismi di detossificazione.

Regolazione osmotica e volume cellulare – Relazioni osmotiche con l'ambiente. Animali osmoconformi ed osmoregolatori. Regolazione osmotica dei fluidi extracellulari e dell'ambiente intracellulare. Strategia dei soluti compatibili e dei soluti antagonisti.

Adattamento alle basse temperature – Effetto della temperatura sul metabolismo. L'acclimatazione. Risposta alle basse temperature: strategia del sovraraffreddamento e strategia del congelamento.

Metalli pesanti – Biodisponibilità; vie di assunzione ed accumulo; effetti tossici, meccanismi di detossificazione. Fitochelatine. Metallotioneine.

Testi consigliati

Y. LE GAL, *Biochimie Marine*, Cie et Masson, 1988, Parigi.

Argomenti di Idrobiologia e Acquacoltura, a cura di E. Carpené, G. Isani e R. Serra, CLUEB, 1955, Bologna.

R. VIVIANI, *Elementi di Biochimica*, Ed. UTET., 1984, Torino.

BIOLOGIA DELLA PESCA E DELL'ACQUACOLTURA

Docente: Corrado Piccinetti

Tipo: 80 ore di lezione, annuale, complementare 4° anno

Esame: orale

Scopo del corso: fornire agli studenti gli elementi base delle tecniche di pesca e dei cicli biologici delle specie marine più importanti dal punto di vista commerciale. Fornire le nozioni tecniche e biologiche sulle principali specie allevate.

Contenuto del corso: Situazione generale dell'acquacoltura. Tecniche di pesca, modalità di funzionamento di singoli attrezzi, specie catturate. Cicli biologici delle principali specie pescate. Esempi di gestione della pesca in Italia.

Acquacoltura di Molluschi, crostacei e pesci. Vallicoltura. Maricoltura. Tecniche e specie allevate.

Testi consigliati

G. RAVAGNAN, 1978, *Vallicoltura moderna*, Edagricole, Bologna.

BIOLOGIA I

Docente: Bruno Sabelli

Contenuto del corso: Le proprietà degli esseri viventi: struttura, reazione agli stimoli, riproduzione e accrescimento, ereditarietà, classificabilità, evoluzione, congruenza con l'ambiente.

La cellula: forma e dimensioni cellulari, citoplasma, nucleo, i cromosomi. La riproduzione: la divisione cellulare, la riproduzione nei protisti, la riproduzione nei pluricellulari.

Genetica: la variabilità, le leggi di Mendel, genotipo e fenotipi, la dominanza e la recessività, effetti pleiotropici, interazione genica, alleli multipli, alleli letali, l'associazione genica, il crossing-over, le mappe geniche e cromosomiche, la determinazione del sesso, l'eredità legata al sesso, l'origine di nuovi caratteri, le mutazioni, l'eredità extranucleare, gli effetti materni.

L'embriologia: i gameti, la fecondazione, la segmentazione, la gastrulazione, l'induzione embrionale, problemi dell'embriologia sperimentale e della embriologia chimica.

L'accrescimento: accrescimento degli organismi unicellulari, accrescimento degli organismi pluricellulari, la tissularizzazione, sviluppo diretto e indiretto, la rigenerazione.

L'evoluzione: prove della evoluzione, i fattori evolutivi, teorie dell'evoluzione.

La sistematica: il concetto di specie, lineamenti di sistematica botanica e zoologica di organismi marini.

Ecologia: organismi acquicoli e terricoli, interazioni intraspecifiche, interazioni interspecifiche, il comportamento.

La distribuzione dei viventi: la biogeografia.

Testi consigliati

H. CURTIS, N.S. BARNES, *Biologia*, Zanichelli, Bologna 1994.

E. PADOA, *Biologia Generale*, Boringhieri, Torino 1973.

S.F. GILBERT, *Biologia dello sviluppo*, Zanichelli, Bologna, 1992.

BIOLOGIA II

Docente: Elena Fabbri

Tipo: II Anno; corso estensivo; 90 ore comprensive di lezioni ed esercitazioni;

Esame: orale

Contenuto del corso

Le membrane cellulari: struttura e funzione; fenomeni di diffusione e trasporto; giunzioni intercellulari. Proprietà elettriche delle membrane: potenziale di riposo; genesi e propagazione dell'impulso nervoso; sinapsi elettriche e chimiche; trasduzione sensoriale. Muscoli e movimento: basi strutturali della contrazione; accoppiamento elettromeccanico; unità motoria; motilità cellulare. Sistema cardiocircolatorio: il cuore nei vertebrati; ciclo cardiaco e sua regolazione; il sistema arterioso e venoso. Sistema respiratorio: i gas respiratori; il sangue ed il trasporto dei gas respiratori; respirazione e adattamento

all'ambiente: respirazione polmonare e branchiale. Osmoregolazione ed escrezione: bilancio dell'acqua e degli elettroliti; la funzione renale nei vertebrati; ruolo del rene nell'equilibrio acido-base; escrezione e sua regolazione. Sistema endocrino: ormoni e ghiandole endocrine nei vertebrati; meccanismi d'azione ormonale a livello cellulare; ormoni dell'asse ipotalamo-ipofisario; ormoni con funzioni metaboliche e di accrescimento; ormoni che regolano l'equilibrio degli elettroliti e dell'acqua; regolazione endocrina delle funzioni riproduttive.

Biologia vegetale: I vegetali: cenni di sistematica. Cellula dei procarioti fotosintetici: parete, tilacoidi, clorofille. Cellula degli eucarioti vegetali: parete, plastidi e vacuoli. Organizzazione dei vegetali: tallofite e cormofite, pseudotessuti e tessuti, radice, fusto, foglia, fiore e frutto. Riproduzione dei vegetali: gametofito e sporofito; alternanza di generazione. Fisiologia vegetale: fotosintesi clorofilliana: metabolismo C3, C4, CAM, fotorespirazione e significato ambientale dei diversi processi, assorbimento e trasporto dell'acqua e dei soluti, la nutrizione minerale, fissazione dell'azoto, ciclo dell'azoto, dello zolfo e del fosforo.

Argomento specialistico: "Adattamento delle popolazioni umane all'ambiente": cenni storici sulla diffusione della malaria; Il ciclo vitale del *Plasmodium falciparum* ed altri plasmodi animali; sintesi di emoglobine fisiologiche e patologiche; connessione malaria - anemia falciforme e loro ereditarietà; la lotta contro la malaria, i motivi dell'insuccesso della vaccinazione e speranze future.

Attività seminariale: l'evoluzione dei vertebrati; risposta alla selezione ambientale; influenza dei fattori climatici e geologici; morfofisiologia del tegumento e degli apparati (nervoso, scheletrico, digerente, cardiovascolare, respiratorio, urogenitale).

Testi consigliati

Per la prima parte:

ECKERT, RANDALL, *Fisiologia Animale*, ed. Zanichelli;

per la seconda parte:

BAGNI, GENTILE, MARCHI, TRIPODI, VANNINI, ZANNONI, *Botanica*, ed. Monduzzi;

ALPI, PUPILLO, RIGANO, *Fisiologia delle piante*, Edises;

per la terza parte:

AGNOLI, LICASTRO, TOMASI, ZAVAGLI *Fisiopatologia*, ed. CLUEB.

per la quarta parte:

MINELLI, *Dai pesci agli albori dell'umanità*, ed. Jaca Book;

MINELLI, *Morfologia e dinamica dei vertebrati*, ed. Patron

BIOTECNOLOGIA MARINA

Docente: Elena Fabbri

Tipo: Semestrale IV anno; 80 ore di lezione, comprensive di attività seminariale e di laboratorio.

Scopo del corso: Fornire strumenti di informazione e di orientamento nel campo delle biotecnologie "moderne" in continua espansione. Offrire conoscenze specialistiche sui temi inerenti alla biotecnologia marina avvalendosi anche di una adeguata attività seminariale. Dare la possibilità agli studenti di applicare in laboratorio parte delle tecnologie molecolari studiate.

Contenuto del corso

La natura interdisciplinare delle biotecnologie; le biotecnologie "tradizionali" e "moderne"; settori investiti dallo sviluppo delle biotecnologie; principali aree di applicazione. Le macromolecole biologiche (DNA, RNA, proteine); espressione genica e suo controllo; i meccanismi di ricombinazione genetica; virus, plasmidi ed elementi genetici trasponibili; clonazione del DNA ed ingegneria genetica; *tools* biotecnologici (alozimi, *PCR*, *RFLP*, *RAPD*, *genome mapping*, micro- e minisatelliti, sequenziamento del DNA); evoluzione dei meccanismi di riconoscimento molecolare; biodiversità e biocomplexità; l'ambiente marino e le strategie molecolari di adattamento.

Biotecnologie applicate alla pesca: analisi della variabilità genetica in stock ittici; struttura genetica e struttura di popolazione, monitoraggio spaziale e temporale degli stock.

Biotecnologie applicate alla maricoltura: controllo ormonale del sesso e dell'accrescimento; tecniche di selezione genetica; mappatura genomica dei *quantitative traits loci* (QTLs); utilizzo di specie transgeniche; organismi poliploidi; prospettive di miglioramento delle risorse ittiche di interesse commerciale; potenziali rischi biologici e ambientali.

Biotecnologie applicate al risanamento dell'ambiente marino: uso di microrganismi per degradazione, detossificazione e conversione di composti tossici e inquinanti; biocatalizzatori, vettori e geni "suicidi".

Biotecnologie applicate all'industria: produzione di enzimi da microrganismi estremofili; composti naturali farmaceutici e bioattivi ottenibili da macro- e microrganismi marini.

Testi consigliati

Non è disponibile un testo specifico di Biotecnologie marine. Per la parte generale si consiglia "Biotecnologia Molecolare" (Glick e Pasternack), ed. Zanichelli 1999; per la parte specialistica durante lo svolgimento del corso saranno consigliati monografie ed articoli scientifici.

CHIMICA ANALITICA

Docente: Giuseppe Chiavari

Contenuto del corso:

- Valutazione dei dati analitici, precisazione ed accuratezza dei dati, errori, curve di

- calibrazione, minimi quadrati.
- Analisi gravimetrica; proprietà dei precipitati ed applicazione dell'analisi gravimetrica.
 - Metodi di analisi volumetrica: Titolazioni di precipitazione, curve di titolazione ed indicatori. Titolazioni di neutralizzazione; applicazioni. Titolazioni basate sulla formazione di complessi; complessi tra EDTA e ioni metallici. Titolazioni di ossidoriduzione; celle elettrochimiche.
 - Metodi Potenzimetrici. Elettrodi di riferimento, elettrodi indicatori. Applicazioni, titolazioni potenziometriche.
 - Altri metodi elettrochimici. Voltammetria, polarografia e titolazioni amperometriche.
 - Metodi cromatografici. Classificazione dei metodi cromatografici. Principi della cromatografia di eluizione.
 - Gas cromatografia. Schema di un sistema gas cromatografico; possibilità di analisi di un analita in glc; reazioni di derivatizzazione; sistemi di iniezione; pirolisi analitica; colonna cromatografica impaccata e capillare; equazione di van Deemter; caratteristica dei liquidi di ripartizione; indice di Kowats ed indici di Mc Reynolds; analisi quantitativa; curve di taratura, normalizzazione interna e standard interno. Rivelatori: a conducibilità termica, FID, NPD e ECD. Accoppiamento della glc con tecniche spettroscopiche.
 - Cromatografia liquida ad alta pressione: HPLC Schema di un cromatografo hplc; iniettore a loop, rivelatore UV-VIS, rivelatore ad indice di rifrazione, rivelatore elettrochimico. Reazioni di derivatizzazione in hplc. Analisi in isocratica e con gradiente di solvente. Cromatografia di adsorbimento su silice; cromatografia liquido-liquido e a fasi legate; cromatografia in fase inversa; cromatografia a scambio ionico; cromatografia a esclusione. Cromatografia ionica per l'analisi di anioni e cationi metallici,
 - Spettroscopia di Assorbimento. Radiazione elettromagnetica; legge di Lambert Beer; schema di uno spettrofotometro.
 - Spettroscopia nel visibile e nell'ultravioletto (Vis-UV). Gruppi cromofori ed auxocromi. Curve di assorbimento, massimi di assorbimento e coefficiente di estinzione. Strumentazione.
 - Spettroscopia Infrarosso (IR). Componenti strumentali. Origine dello spettro IR; vari tipi di celle di misura; principali bande di assorbimento dei diversi gruppi funzionali; esempi di interpretazione di spettri IR.
 - Spettroscopia di Risonanza Magnetica Nucleare (NMR). Origine dello spettro e strumentazione. Chemical shift, accoppiamento spin-spin e area dei picchi. Esempi.
 - Spettrometria di Massa (MS). Meccanismo di formazione dello spettro di massa: ione molecolare e ioni frammento; strumentazione. Problemi connessi con l'accoppiamento della gas-cromatografia e della HPLC con la spettrometria di massa. Interpretazione dello spettro di massa.
 - Spettroscopia Atomica. Spettroscopia di assorbimento e di emissione. Strumentazione ed applicazioni della spettroscopia di assorbimento atomica.

Testi consigliati

D. SKOOG e D. WEST, *Chimica analitica*, Editore SES.

CHIMICA DEL TERRENO**Docente: Giovanni Casalicchio****Tipo:** 80 ore di lezione, annuale, 4° anno**Esame:** orale

Scopo del corso: Fornire i principi di base della chimica del terreno per poter comprendere il significato delle caratteristiche chimico-fisiche-biologiche del terreno; correttamente interpretare i valori dei singoli parametri; predisporre razionali interventi sul territorio in funzione delle attività che su di esso si svolgono.

Contenuto del corso: Prelievo dei campioni di: suolo (per scopi pedologici, agronomici, di gestione territoriale); di vegetali (per scopi agronomici, per problematiche di inquinamento); di acqua (per usi agricoli, zootecnici). Modalità di prelievo, trasporto, conservazione e preparazione del campione per le analisi. Caratteristiche fisiche del suolo: tessitura; struttura; peso specifico apparente e reale; porosità (macro e microporosità); COLE; colore. Altre proprietà di minore importanza. Significato, importanza, determinazione ed interpretazione dei dati. Caratteristiche chimico-fisiche del suolo: stato colloidale della materia; isoterme di scambio; C.S.C.; C.S.A.; potere tampone; pH; soluzione circolante; correzione dei suoli (acidi, alcalini; per alcalinità costituzionale e di scambio, salini, salino-alcalini); potenziale di ossido-riduzione. Caratteristiche chimiche del suolo: elementi indispensabili ai vegetali; assorbimento degli elementi da parte dei vegetali (radici, foglie); vari tipi di elementi (macronutrienti, micronutrienti, microutili, microtossici, microindifferenti): specifiche per ogni elemento rispetto al suolo ed ai vegetali. Cicli dei più importanti elementi nel suolo (C, N, S, P e micronutrienti). La flora e la fauna del suolo, inclusi gli enzimi. L'aria del suolo. L'acqua del suolo. L'inquinamento del suolo: definizione di inquinamento; vari tipi di inquinamento organico: vari tipi di composti organici (inclusi quelli di uso agricolo), inorganici (microtossici, biotico). Catene alimentari: caratteristiche ed inquinamento. Risanamento dei suoli inquinati.

Testi consigliatiR.L. DONAHUE, J. SHIKLUNA, L.S. ROBERTSON, *Soil*, Prentice Hill Inc., 1871.K. MENGEL, E.A. KJRBY, *Principles of plant nutrition*, Int. Potash Inst., Bern, Switz. 1982.P. SEQUI (Coordinatore), *Chimica del suolo*, Patron, 1989.**CHIMICA DELL'AMBIENTE****Docente: Laura Tositti****Contenuto del corso:**

Parte A – Tutte le informazioni necessarie sia chimiche, biologiche, geologiche e fisiche per conoscere i cicli geochimici. L'importanza dell'ossigeno e di tutte le reazioni

chimiche che avvengono nei vari ecosistemi (Aria, Acqua, Suolo).

Parte B – Gli elementi trovati nella materia vivente: idrogeno, carbonio, azoto, zolfo.

Parte C – Gli elementi che si trovano sulla crosta terrestre: Silicio, Ferro, Alluminio, Calcio, Magnesio, Sodio e Potassio.

Parte D – Gli elementi che si trovano in minore quantità e problemi ambientali antropici e naturali. Piombo, Mercurio, Zinco, Cadmio e Fosforo. Scarichi e tossicità.

Testi consigliati

P. O'NEIL, *Environmental Chemistry*, London, George Allen e Unwin.

S.E. MANAHAN, *Environmental Chemistry*, Lewis Publishers.

CHIMICA DELLE SOSTANZE NATURALI MARINE

Docente: Emilio Tagliavini

Contenuto del corso:

Definizione di sostanze naturali marine e oggetto del corso.

Principali vie biogenetiche di alcune classi di sostanze naturali Biogenesi dei carboidrati; Biogenesi degli acidi grassi e dei lipidi; Formazione di composti aromatici; Biogenesi dei terpeni; Biogenesi degli steroidi; Biogenesi dei composti azotati; Formazione di alogeno-derivati.

Principali classi di sostanze naturali marine.

Isolamento e caratterizzazione di sostanze naturali marine.

Distribuzione, caratteristiche e trasformazione delle sostanze organiche negli oceani.

Descrizione funzionale di alcune sostanze naturali marine: Sostanze che influenzano la distribuzione di alcuni elementi; Sostanze naturali a carattere adesivo; Pigmenti marini; Sostanze a carattere ormonale; Bioluminescenza; Sostanze marine e rapporti di predazione; Sostanze che influenzano la competizione per lo spazio; Tossine di organismi marini marine; Chemotassonomia; Sostanze ad attività farmacologica.

La simbiosi e il problema dell'origine delle sostanze naturali.

CHIMICA FISICA

Docente: Alberto Modelli

Tipo: insegnamento estensivo, 80 ore, 3° o 4° anno

Esame: orale.

Scopo del corso: Comprensione dei concetti fondamentali nelle discipline chimico-fisiche classiche: termodinamica, elettrochimica, cinetica. Applicazione

(mediante esercitazioni numeriche) degli strumenti forniti dalle medesime per descrivere sistemi macroscopici, con particolare riferimento alla previsione di spontaneità di processi, alla definizione delle condizioni di equilibrio ed allo studio delle velocità di reazione.

Contenuto del corso: *Termodinamica:* descrizione dei sistemi macroscopici dal punto di vista termodinamico, definizione delle proprietà che caratterizzano un sistema. Energia, calore, lavoro e prima legge della termodinamica. Interpretazione molecolare delle variazioni di energia. Entalpia, capacità termica, calore di reazione e relazione con energie di legame. Seconda legge, entropia come criterio di spontaneità dei processi, macchina termica. Relazione tra entropia e disordine: equazione di Boltzmann. Entropia assoluta e terza legge. Energia libera, potenziale chimico e condizioni di equilibrio. Dipendenza della costante di equilibrio da temperatura e pressione. Regola di Gibbs per calcolare il numero di proprietà intensive sufficienti a definire lo stato di un sistema. Diagrammi di fase per una sostanza pura e per miscele binarie. Deviazione dalla idealità in sistemi reali: miscele azeotropiche e liquidi solo parzialmente miscibili, coefficienti di fugacità e di attività e metodi per la loro valutazione.

Cinetica chimica: velocità di reazione, ordine, molecolarità, equazioni cinetiche integrate per vari ordini rispetto ad uno o due reagenti, metodi di determinazione dell'ordine. BOD (Biochemical oxygen demand) e metodo di Fujimoto. Utilizzo di grandezze fisiche al posto delle concentrazioni. Dipendenza della costante cinetica dalla temperatura, energia di attivazione secondo Arrhenius. Teorie delle collisioni e del complesso attivato, relazione tra costante cinetica e parametri termodinamici. Comprensione degli effetti prodotti da un catalizzatore. Meccanismo di reazione e reazioni complesse: parallele, in serie, reversibili, a catena, esplosive e catalisi enzimatica. Condizioni di stato stazionario. Soluzioni elettrolitiche: cenni sulla teoria di Debye-Hückel ed effetto della forza ionica. Equazioni di Fick per la diffusione; modello di Pasquill per la diffusione e trasporto di un pennacchio di fumo lungo la direzione del vento.

Equilibri elettrochimici: celle elettrochimiche, forza elettromotrice, equazione di Nernst, potenziali standard di riduzione, semireazioni coinvolte nei processi di corrosione e descrizione termodinamica dei medesimi.

Elettrochimica dinamica: densità di corrente, sovratensione, densità di corrente di scambio. Derivazione della equazione di Butler-Volmer per evidenziare l'importanza dell'aspetto cinetico, oltre a quello termodinamico, nei processi di ossido-riduzione e, in particolare, in quello di corrosione. Dipendenza della corrente di corrosione da presenza di ossigeno, superfici elettrolitiche, densità di corrente di scambio.

Testi consigliati

D. EISENBERG and D. CROTHERS, *Physical Chemistry with Applications to the Life Sciences*, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Menlo Park, California.

P.W. ATKINS, *Physical Chemistry*, Zanichelli, Bologna.

J.W. MOORE and R.G. PEARSON, *Kinetics and Mechanism*, John Wiley & Sons, New York.

CHIMICA GENERALE ED INORGANICA**Docente:** Magda Monari**Tipo:** 85 ore di lezione ed esercitazioni di laboratorio, corso annuale, 1° anno**Esame:** scritto ed orale.

Scopo del corso: Fornire una guida per l'apprendimento della chimica attraverso una illustrazione dei principi che sono alla base della formazione delle molecole, della struttura e delle proprietà dei composti e della reattività chimica con particolare riferimento alle sostanze inorganiche più diffuse e di interesse per l'ambiente.

Contenuto del corso: Atomi, molecole, ioni. Le leggi ponderali della chimica. La struttura atomica e la tavola periodica. Proprietà periodiche. Il legame chimico. Legame ionico. Legame covalente. Strutture di Lewis di molecole poliatomiche. Elettronegatività. Polarità dei legami. La geometria molecolare. Repulsione fra coppie di elettroni. Ibridazione. Isomeria. Stechiometria e reazioni chimiche. Gas ideali e reali. Forze intermolecolari. Solidi. Metalli e legame metallico. Liquidi. Soluzioni. Proprietà colligative. Il primo ed il secondo principio della termodinamica. Energia libera ed equilibrio. Equilibri chimici in fase omogenea. Equilibri di fase. Equilibri in soluzione acquosa. Acidi e basi. Soluzioni tampone. Titolazioni acido-base. Titolazioni di ossido-riduzione. Equilibri di solubilità. Cinetica chimica. Catalisi. Elettrochimica. Celle galvaniche. Elettrolisi. L'idrogeno e gli elementi del blocco s. Gli elementi del blocco p. Carbonio, azoto, fosforo, zolfo e loro composti. Gli alogeni. Gli elementi di transizione. Cromo e manganese. I composti di coordinazione.

Testi consigliati

Chimica Generale, a cura di P. Corradini, CEA, Milano.

P. CHIORBOLI, *Fondamenti di Chimica*, UTET, Torino.

CHIMICA ORGANICA**Docente:** Claudio Trombini**Tipo:** 70 ore di lezione + 20 ore di esercitazioni**Esame:** scritto ed orale

Scopo del corso: Attraverso un'impostazione classica che esamina le classi dei composti organici suddivise per gruppi funzionali, l'obiettivo del corso è quello di fornire le basi cinetiche, termodinamiche e stereochimiche per la valutazione delle correlazioni struttura-reattività nei composti organici. Organizzando un quadro logico dei principali meccanismi di reazione si intende offrire una base razionale che consenta contemporaneamente di conseguire una comprensione delle principali metodologie di

sintesi ed una valutazione, attraverso l'analisi di alcuni esempi significativi, dell'interazione di sostanze organiche con organismi (tossicologia) e con l'ambiente.

Contenuto del corso:

Petrolio, alcani, cicloalcani. Combustione, termodinamica ed impatto ambientale connesso. Isomeria costituzionale e stereoisomeria. Analisi conformazionale. Stereochimica, molecole chirali. Reazioni radicaliche, radicali liberi, alogenazione di alcani, processi radicalici in atmosfera ed in ozonosfera.

Alcheni ed alchini: proprietà, addizioni elettrofile, concertate e radicaliche, polimerizzazione, vie di sintesi.

Alogenuri alchilici: proprietà, sintesi, carbocationi, reazioni di sostituzione nucleofila, reazioni di eliminazione. Sintesi di composti organometallici e loro proprietà.

Alcoli ed eteri: struttura, proprietà e sintesi.

Dieni e polieni coniugati: stabilità, risonanza, catione, radicale e anione allilico; addizione 1,2 ed 1,4; polimerizzazione. Biogenesi dei terpeni (geraniolo, farnesolo).

Benzene e composti aromatici: stabilità, risonanza, reazioni di sostituzione elettrofila aromatica e di sostituzione nucleofila aromatica. Proprietà, ossidazione. Composti policiclici aromatici. Composti eterociclici di riferimento (pirrolo, furano, tiofene, piridina).

Ammine: struttura, proprietà, sintesi. Sali di diazonio.

Aldeidi e chetoni: struttura, proprietà e sintesi. Reazioni di addizione nucleofila e di sostituzione nucleofila. Principali derivati azotati. Tautomeria cheto-enolica. Reazioni di condensazione aldolica. Alchilazione di enolati, processi regio e stereoselettivi.

Acidi carbossilici: struttura, proprietà e sintesi. Sostituzione nucleofila acilica. Derivati, loro proprietà e sintesi: cloruri acilici, anidridi, esteri, ammidi. Composti beta-dicarbonilici: sintesi malonica e acetoacetica, biogenesi degli acidi grassi.

Carboidrati: classificazione, monosaccaridi, mutarotazione, glicosidi, reazioni tipiche, sintesi di Kiliani-Fischer. Polisaccaridi, esempi, relazioni struttura-proprietà.

Lipidi: acidi grassi, triacilgliceroli, fosfolipidi.

Aminoacidi e proteine: sintesi di aminoacidi, analisi di miscele di aminoacidi, sintesi di peptidi, gruppi protettivi, agenti condensanti. Struttura primaria, secondaria, terziaria e quaternaria di proteine.

Acidi nucleici: nucleosidi e nucleotidi. Struttura e proprietà delle basi eterocicliche. Struttura primaria e secondaria del DNA. Ibridizzazione e denaturazione. Danni al DNA da agenti radicalici e elettrofilici.

Testi consigliati

W.H. BROWN, *Chimica Organica*, EdiSES, 1996

T.W.G. SOLOMON, *Chimica Organica*, Zanichelli, 1995

CLIMATOLOGIA E METEOROLOGIA**Docente: Antonio Navarra****Contenuto del corso:***Parte Prima: Meteorologia*

Vedi programma di Fisica dell'Atmosfera per il corso di laurea in Fisica, debitamente ridotto e semplificato.

Parte Seconda: Climatologia

Introduzione al sistema climatico: Rivisitazione nell'ambito dello studio del clima di alcuni concetti, già incontrati nella prima parte. Il sistema climatico: atmosfera, oceano; terra solida criosfera e loro legami. Il bilancio energetico globale. Il trasferimento radiativo nell'atmosfera. Il bilancio energetico della superficie terrestre.

Il ciclo idrologico: Il bilancio dell'acqua. Immagazzinamento dell'acqua nella superficie e il Runoff. Precipitazione, evaporazione e traspirazione. Modellazione del bilancio idrico superficiale.

Circolazione generale dell'atmosfera e clima: Bilancio energetico dell'atmosfera. Moti dell'atmosfera e flussi energetici nord-sud. Bilancio del momento angolare. Tipi di circolazione a grande scala e loro implicazioni sul clima.

Circolazione generale dell'oceano e clima: Proprietà dell'acqua marina. Strato rimescolato (termoclima). La circolazione indotta dal vento. La circolazione profonda termoalina. Trasporto di energia nell'oceano.

Cenni storici sull'evoluzione del clima sulla terra.

Stabilità del clima e meccanismi di feedback. Misure oggettive del clima. Processi basilari del feedback radiativo. Feedback dell'albedo del ghiaccio. Feedback dinamici sul trasporto meridionale di energia. Feedback dei processi radiativi del suolo. Feedback delle nuvole. Feedback biochimici.

Modelli climatici globali: Modelli matematici. La componente atmosferica. La componente oceanica. La componente terra solida. Validazione delle simulazioni dei modelli del clima, Stima della sensibilità dei modelli. Processi accoppiati atmosfera oceano,

Cambiamenti climatici naturali: Forzature naturali e modifiche climatiche. Variazioni della costante solare. Aerosol naturali ed eruzioni vulcaniche. Teoria delle glaciazioni basate sulle variazioni dei parametri orbitali terrestri.

Cambiamenti climatici indotti dall'uomo: L'uomo e l'effetto serra. Aerosol prodotti dall'uomo. Modifica della crosta terrestre ad opera delle attività umane. Considerazioni sulle variazioni della temperatura osservata e confronti con il clima passato. Cambiamenti del livello del mare. Cosa ci riserva il futuro?

DINAMICA DELLE GRANDI MASSE**Docente: Nadia Pinardi****Tipo:** 60 ore di lezione, 4° anno, 1° e 2° semestre**Esame:** orale

Scopo del corso: Fornire le conoscenze intermedie ed avanzate della struttura della circolazione marina a grande e mesoscala. Particolare attenzione è rivolta alla dinamica quasigeostrofica alle medie latitudini, alla dinamica equatoriale e ai processi di instabilità delle correnti marine. Il corso dovrebbe porre lo studente in condizione di comprendere i meccanismi dinamici principali costituenti le correnti stazionarie e la variabilità della struttura orizzontale e verticale dell'oceano.

Contenuto del corso: Fenomenologia della struttura termalina dell'oceano, delle principali correnti e dell'accoppiamento oceano atmosfera. Processi di interazione aria-mare e loro descrizione matematico-fisica. Principi di base di ottica marina con riferimento all'influenza delle componenti biotiche. Concetti di termoclino medio e stagionale, stabilità gravitazionale della colonna d'acqua. Equazioni per fluido oceanico rotante (Boussinesq, idrostatico e incompressibile) e condizioni al contorno laterale e verticale, con riferimento all'interazione aria-mare. Concetti di moto turbolento e medio: stress di Reynolds e concetti di viscosità, diffusione e rimescolamento turbolento. Sviluppo perturbativo delle equazioni del moto nel numero di Rossby. Soluzioni delle equazioni quasi geostrofiche. Modi baroclini e barotropici e onde di Rossby. Concetti di vorticità dei fluidi marini e principi di conservazione. Fondamenti della mesoscala oceanica. Equazioni di acqua bassa ed esempi equatoriali. Problemi di aggiustamento del fluido alla gravità. Teoria delle correnti stazionarie alle medie latitudini (soluzioni Stommel, Munk e Fofonoff). Teoria delle correnti abissali. Teoria di El Nino. Teoria della formazione di acque profonde nell'oceano. Teoria dell'instabilità baroclinica e barotropica, cascate nonlineari in fluidi rotanti. Cenni di modellistica numerica e principali esempi di soluzioni della circolazione a grande scala e mesoscala. Tecniche di analisi oggettiva dei dati, controllo di qualità dei dati, cenni di assimilazione dati per la previsione. Cenni di modellistica numerica ecologica.

Testi consigliatiPOND e PICKARD, *Introductory Dynamical Oceanography*;PEDLOSKY, *Geophysical Fluid Dynamics*.APEL, *Principles of ocean Physics*.**DIRITTO E LEGISLAZIONE DELL'AMBIENTE****Docenti: Alessandro Lolli****Contenuto del corso:**

Costituzione, tutela dell'ambiente ed organizzazione pubblica Fondamento costituzionale della tutela dell'ambiente; Riparto di competenze tra Stato e Regioni; Il Ministero dell'ambiente (e le altre Amministrazioni statali con competenze nel settore); Le agenzie per la protezione dell'ambiente. Profili organizzativi della legislazione regionale relativa alla tutela dell'ambiente; Le funzioni degli enti locali. Panorama delle strutture organizzative. I servizi pubblici ambientali; Ordinamento italiano e ordinamento della CE; La tutela dell'ambiente nel diritto internazionale.

La legislazione per la tutela dell'ambiente La legislazione urbanistica; la salvaguardia ambientale attraverso gli strumenti urbanistici (la legislazione statale; tendenze evolutive emergenti dalla legislazione regionale); I piani settoriali per la tutela dell'ambiente; La legislazione sulle acque; La legislazione sulla difesa del suolo; La legislazione sulla tutela del paesaggio; vincoli (tipologia), procedimento autorizzatori, piani paesistici; La legislazione sui parchi naturali; La legislazione sulla tutela dei beni culturali; La legislazione sull'igiene pubblica; La legislazione sulla tutela delle acque, dell'aria, e del suolo; La legislazione sulle altre forme di inquinamento; La legislazione su ecoaudit, ecolabeled ecogestione. La valutazione di impatto ambientale: Direttiva CE, normativa statale, legislazione regionale; La legislazione energetica e la legislazione mineraria, la legislazione sugli impianti ad alto rischio; La legislazione sulla difesa del mare e sulle zone costiere.

Giustizia e tutela dell'ambiente.

Testi consigliati

B. CARAVITA, *Diritto pubblico dell'ambiente*, Bologna, Il Mulino, 1990.

S. CASSESE, A. CAPRIA, A.L. DE CESARIS, F. FONDERICO, *Diritto ambientale comunitario*, Milano, Giuffrè ed., 1995

G. PALEOLOGO, *Breviario di Diritto Urbanistico*, Padova, CEDAM, 1997

T. SCOVAZZI, *Elementi di diritto internazionale del mare*, Milano, II ed. Giuffrè editore, 1994.

Poiché il testo di Caravita risale al 1990, occorrerà conoscere anche la normativa ambientale successiva a tale data, che sarà indicata a lezione.

Avvertenze per gli studenti

I docenti Proff. Giuseppe Caia, Alessandro Lolli e Giuseppe Garzia ricevono secondo gli orari indicati in apposito avviso presso il Palazzo Rasponi dalle Teste, Piazza Kennedy 12, Ravenna, tel. 0544 484261.

ECOLOGIA

Docente: Victor Ugo Ceccherelli

Contenuto del corso: Ecologia: suoi contenuti e rapporto con le altre discipline scientifiche. Quale ecologia in un corso di laurea in scienze ambientali. L'ecosistema.

Definizione, strutture, funzioni, controlli. Concetto di produzione. Produzione e decomposizione. Classificazioni degli ecosistemi. L'energia negli ecosistemi. Energia solare, altre energie, loro caratteristiche. La produzione primaria e la sua misura. La produzione secondaria e la sua misura. La attività di decomposizione e sua misura. Reti alimentari. Concetto di livello trofico e sua operatività nelle indagini ecologiche. Le piramidi ecologiche. Flussi energetici. Cicli. Modelli di cicli geochimici. Cicli biogeochimici principali. I macro- e i micronutrienti. Fattori di controllo. Fattori limitanti di natura fisica e chimica. Mezzi fluidi e substrati solidi. Cinematica di popolazione. Ecologia demografica. Fluttuazioni numeriche e loro regolazioni. Modelli. Le strategie dei cicli biologici. Nicchie. Le comunità biologiche: loro descrizione statica e dinamica. Confini, interazioni, diversità. Complessità e stabilità. Successioni. Le sequenze planctoniche. Gli ecosistemi nel tempo. Micro- e macroevoluzione, paleoecologia marina, paleolimnologia. Le perturbazioni e loro effetti sulle strutture e funzionamento degli ecosistemi. Analisi di ecosistemi, con riferimento principale a quelli acquatici. Ecosistemi marini, ecosistemi di acque interne. Foreste, praterie, deserti.

Argomenti seminariali:

l'eutrofizzazione degli ecosistemi acquatici continentali e marini. Sintomi e loro indici; cause e loro analisi, interventi di risanamento diretti ed indiretti.

l'eutrofizzazione dell'Alto Adriatico.

inquinamento e disinquinamento del Lago d'Orta.

Testi consigliati

E. P. ODUM, *Basi di ecologia*, Piccin, 544 pagg. (trad. italiana).

R.J. PUTMAN, S. D. WRATTEN, *Principles of ecology*, Univ. of California Press. 1984, 388 pagg. (in inglese).

R. MARGALEF, *Ecologia*, Ed. Omega, Barcelona, 951 pagg. (in spagnolo).

ECOLOGIA APPLICATA

Docente: Marco Abbiati

Tipo: Annuale, 3° anno indirizzo terrestre e 4° anno indirizzo marino

Esame: orale con dei test di verifica durante lo svolgimento del corso; per l'indirizzo marino l'esame è integrato con Laboratorio di Ecologia Applicata.

Scopo del corso: Illustrare nella loro complessità i principali problemi ambientali legati all'effetto delle attività dell'uomo ed evidenziarne l'interdisciplinarietà. Sottolineare la centralità di una profonda conoscenza ecologica come base per la gestione delle risorse naturali nell'ambito degli obiettivi di sviluppo economico e conservazione dell'ambiente. Presentare le metodologie che possono essere utilizzate per analizzare alcune tipologie di alterazioni ambientali. Presentare e discutere alcuni esempi di analisi complessa di gestione dell'ambiente. Fornire gli strumenti necessari per orientarsi nelle

metodologie attuali ed aggiornarsi seguendo l'evoluzione del settore tramite la letteratura specializzata.

Contenuto del corso

Analisi dei principali tipi di alterazioni dell'ecosistema dovute alle attività umane a livello sia delle componenti abiotiche che biotiche. Definizione di beni e di servizi forniti dall'ecosistema.

Il funzionamento degli ecosistemi naturali, richiamo dei concetti base di produttività, flusso di energia, organizzazione trofica dell'ecosistema, cicli biogeochimici. L'energia prodotta dall'uomo, alterazione dei cicli biogeochimici, emissione nell'atmosfera di composti inquinanti, alterazioni dell'effetto serra, le precipitazioni acide. Altri tipi di inquinanti atmosferici e loro impatto.

Gestione e sfruttamento delle risorse del mare. Impatto della pesca sulle risorse e sugli ecosistemi marini. Life history e gestione delle risorse ittiche. Prospettive.

Il ripristino ambientale. Principi e tecniche di ripristino ambientale, loro potenzialità. Ruolo della creazione di habitat, sua applicazione come misura di mitigazione. Metodiche di ripristino per habitat specifici ed esempi delle loro applicazioni.

Definizione di biodiversità. Individuazione dei diversi livelli di biodiversità. Suo ruolo nel funzionamento degli ecosistemi, esempi di alcuni ecosistemi tipo. Erosione e conservazione della biodiversità. Metodi di valutazione e di monitoraggio della biodiversità.

Durante il corso si terranno dei seminari svolti da specialisti nei diversi campi dell'ecologia applicata e verranno discussi alcuni articoli recenti tratti dalla letteratura scientifica.

Testi consigliati

R. MARCHETTI, *Ecologia applicata*, Città Studi, Milano, 1993 (nuova edizione 1999, UTET Torino).

E.I. Newman, *Applied ecology*, Blackwell Scientific Publication, Oxford, 1993.

R. VISMARA, *Ecologia Applicata*, Hoepli, Milano, 1992.

ECONOMIA DELL'AMBIENTE

Docente: Pier Luigi Sacco

Tipo: 75 ore di lezione, corso estensivo, 2° anno

Esame: scritto

Scopo del corso: Fornire alcuni principi generali di microeconomia e gli elementi fondamentali della programmazione statica e dinamica necessari per affrontare i problemi di controllo del livello d'inquinamento e dello sfruttamento delle risorse naturali.

Contenuto del corso:

Parte generale

Elementi di teoria del consumo e della produzione - La determinazione del prezzo di un bene - I regimi di mercato - Modelli di economia politica e modelli di politica economica - Modelli deterministici e modelli stocastici - Modelli statici e modelli dinamici - La controllabilità statica per obiettivi fissi e per obiettivi flessibili - Il problema della controllabilità dinamica per obiettivi fissi e per obiettivi flessibili - Le strategie di politica economica in presenza di vincoli sui controlli.

Parte specifica

La genesi e l'evoluzione storica dell'economia dell'ambiente - Il sistema economico circolare - Il sistema economico sostenibile - Esternalità, beni pubblici e monopoli naturali - Il livello ottimale di inquinamento - Il raggiungimento attraverso il meccanismo di mercato del livello ottimale di inquinamento - Imposte e livello ottimale di inquinamento - Standard ambientali - Imposte e sussidi - I permessi di inquinamento negoziabili - La misurazione dei danni ambientali e il valore economico totale - La misurazione dei danni ambientali e le metodologie di valutazione - L'operazione di sconto del futuro - L'etica dell'ambiente - Le risorse rinnovabili - L'estinzione delle specie - Le risorse non rinnovabili.

Testi consigliati

E. ALVONI e S. MARZETTI, *Guida alla controllabilità di modelli di politica economica con applicazioni alla politica ambientale*, CLUEB, Bologna, 1994.

R. BALDUCCI e G. CANDELA, *Teoria della politica economica. Obiettivi e modelli statici*, NIS, 1991; *Teoria della politica economica. Analisi dinamica*, NIS, 1992.

D.W. PEARCE e R.R. TURNER, *Economia ambientale*, Il Mulino, 1996.

S. ZAMAGNI, *Economia Politica*, NIS, Roma, 1984.

Note per lo studente: Si consiglia di sostenere l'esame dopo aver superato Istituzioni di matematica I e Istituzioni di matematica II.

EVOLUZIONE DELLE COSTE E DELLA PIATTAFORMA CONTINENTALE

Docente: Claudia Romagnoli

Tipo: 60 ore di lezione, 2° semestre, 4°anno (Indirizzo marino)

Contenuto del corso:

1) Introduzione: definizione della zona costiera e della sua evoluzione temporale. Fattori e processi coinvolti nella morfodinamica delle coste. Principali schemi classificativi delle coste e loro limiti. Richiami sui processi idrodinamici nella zona costiera. Movimento del sedimento sottocosta e deriva litorale.

2) Geomorfologia costiera: sistemi deltizi; tipologia ed evoluzione. Sistemi litorali dominati dall'azione del moto ondoso, dall'azione delle maree e ad influenza mista. Coste rilevate: principali processi nel modellamento ed evoluzione delle falesie. Piattaforme di

abrasione marina e terrazzi marini.

3) Morfodinamica litorale: profilo morfologico ed idrodinamico di spiaggia, profili trasversali di spiaggia e ciclo stagionale. Modello dissipativo-riflessivo di Wright e Short. Stadi morfodinamici.

4) Piattaforme continentali: distribuzione dei sedimenti sulle piattaforme attuali: sedimenti moderni, relitti ed ibridi. Intrappolamento del sedimento in aree costiere. Configurazione ed evoluzione recente delle piattaforme continentali.

5) Le variazioni del livello marino a lungo, medio e breve termine e loro indicatori. Principali cause delle fluttuazioni del l.d.m. e relativo tasso di variazione nel tempo.

6) Evoluzione dei sistemi costieri e di piattaforma. Architetture deposizionali di un margine continentale: relazioni tra tettonica, eustatismo e tasso di sedimentazione. Risposta dei sistemi deposizionali costieri ad un ciclo di variazione del l.r.m.: sistemi deposizionali di basso stazionamento, trasgressivi e di alto stazionamento. Evoluzione tardo-quadernaria e recente della piattaforma adriatica e dei sistemi costieri dell'adriatico settentrionale. Evoluzione delle coste a medio-breve termine: principali processi naturali ed antropici. Misurazione dei cambiamenti costieri: principali metodi in uso. Movimento del sedimento lungocosta e calcolo del flusso di energia. Celle costiere. Cenni all'analisi del bilancio sedimentario.

7) Erosione costiera: principali cause e politiche di reazione. Cenni agli interventi di protezione delle coste e alle modificazioni da essi indotte sui sistemi costieri. La cartografia delle coste italiane.

Testi consigliati

P.D. KOMAR, *Beach processes and sedimentation*, Prentice Hall, New Jersey, 1998

J. PETHICK, 1984, *An Introduction to Coastal Geomorphology*. Edward Arnold, Londra.

R.W.G. CARTER, 1988, *Coastal Environments*. Academic Press, Londra.

R.W.G. CARTER & C.D. WOODROFFE, 1994, *Coastal evolution: Late Quaternary shoreline morphodynamics*. University Press, Cambridge.

EMERY D. & MYERS K., 1996, *Sequence stratigraphy*. Blackwell Science.

FISICA GENERALE I

Docente: Andrea Contin

Tipo: 85 ore di lezione, corso annuale, I anno

Esame: scritto (con validità di due appelli propedeutico all'orale) e orale

Scopo del corso: fornire i principi di base dello studio del moto dei corpi e del comportamento termodinamico delle sostanze naturali.

Contenuto del corso: Introduzione: Quantità fisiche, Unità di misura, Vettori e algebra vettoriale. Cinematica dei punti materiali: velocità, accelerazione, relatività galileiana. Statica dei punti materiali. Dinamica dei punti materiali: massa, quantità di

moto, forza, attrito, lavoro, potenza, energia cinetica, sistemi conservativi, energia potenziale, collisioni elastiche e anelastiche. Cinematica dei corpi estesi: centro di massa, velocità e accelerazioni angolari. Statica dei corpi estesi. Dinamica rotazionale: momento d'inerzia, momento angolare, forze di reazione rotazionali. Forza di gravità e orbite planetarie. Oscillazioni: moto armonico semplice, forzato e smorzato, pendoli. Elasticità: lineare, volumetrica, tangenziale. Fluidostatica: legge di Archimede. Fluidodinamica: flussi stazionari, conservazione di massa e energia, viscosità, numero di Reynolds, flussi laminare e turbolento. Teoria cinetica dei gas: modello del gas ideale, equipartizione dell'energia, distribuzione di Maxwell-Boltzmann, cammino libero medio, proprietà di trasporto di quantità di moto, massa ed energia. Temperatura: misura, effetti su liquidi e solidi. Calore: prima legge della termodinamica, calori specifici. Gas, liquidi solidi reali: equazione di stato dei gas reali, transizioni di fase, pressione di vapore. Termodinamica: seconda legge della termodinamica, macchine termiche e frigorifere, entropia e processi irreversibili.

Testi consigliati

R. BLUM, D.E. ROLLER, *Fisica*, Volume primo, Zanichelli.

FISICA GENERALE II**Docente: Ennio Tosi**

Tipo: 80 ore di lezione, 2° anno, corso annuale

Esame: orale comprendente anche la soluzione di esercizi.

Scopo del corso: Fornire i principi basilari dell'elettromagnetismo e delle onde elettromagnetiche e fornire in modo schematico le conoscenze necessarie a comprendere la struttura dell'atomo e del nucleo atomico.

Contenuto del corso: Cariche e forze elettriche. Campi elettrici. Potenziale elettrico. Capacità e condensatori. Dielettrici. Correnti elettriche e resistenza. Campi e forze magnetiche. Campi magnetici prodotti da cariche in moto. Cenni di magnetismo nella materia. Forze elettromotrici indotte. Onde elettromagnetiche. Ottica geometrica, riflessione e rifrazione. Ottica fisica, interferenza e diffrazione. Quanti di luce. Struttura atomica e righe spettrali. Comportamento ondulatorio della materia. Struttura quantistica degli atomi. Struttura del nucleo atomico. Radioattività. Interazione radiazione materia.

Testi consigliati

R. BLUM, *Fisica*, Volume Secondo, Zanichelli, Bologna (elettromagnetismo e ottica).

P. TIPPLER, *Fisica*, 2 seconda edizione, Zanichelli, Bologna (fisica atomica e nucleare).

H. OHANIAN, *Fisica*, Volume Secondo, Zanichelli, Bologna (fisica atomica e nucleare).

FISICA TERRESTRE**Docente: Michele Dragoni****Tipo:** 80 ore, corso annuale, III anno (indirizzo terrestre) o IV anno (indirizzo marino)**Esame:** Orale

Scopo del corso: Fornire le conoscenze fisiche di base per la modellistica dei fenomeni geofisici che interessano la superficie terrestre

Contenuto del corso:

Introduzione. L'ambiente fisico della superficie terrestre e le sue modificazioni. I rischi naturali. Teorie e modelli fisici. Modellistica e prevedibilità dei fenomeni geofisici.

Strumenti matematici. Operatori vettoriali. Teoremi di Gauss e Stokes. I tensori. Calcolo tensoriale. Funzioni speciali.

Teoria dell'elasticità. Spostamento, deformazione, sforzo. Energia di deformazione. Legge di Hooke generalizzata. Costanti elastiche. Mezzi elastici isotropi. Equazione di equilibrio. Sistemi di forze e dislocazioni. Equazioni del moto e onde elastiche longitudinali e trasversali. Onde superficiali.

Sismologia. Meccanica delle faglie. Modelli ad asperità. La sorgente sismica. Spettro sismico. Propagazione delle onde sismiche. Effetti di sito. Sismometri e reti sismometriche. Magnitudo dei terremoti. Pericolosità sismica e rischio sismico.

Meccanica dei fluidi. Equazione di continuità. Fluidi perfetti e fluidi viscosi. Fluidi newtoniani incompressibili. Equazione di Navier-Stokes. Dissipazione viscosa. Onde di gravità. Il maremoto.

Teoria del calore. Conduzione termica nei solidi. Legge di Fourier ed equazione semplice del calore. Sorgente di calore puntiforme. Il calore terrestre: generazione e flusso superficiale. Geoterme. Convezione termica. Cenni di termoelasticità.

Reologia. Modelli reologici ed equazioni costitutive. Viscoelasticità. Plasticità. Fluidi non newtoniani: il fluido di Bingham.

Fisica del vulcanismo. Proprietà fisiche dei magmi. Eruzioni esplosive ed effusive. Colate di lava e colate di fango. Pericolosità vulcanica e rischio vulcanico.

Mezzi porosi. Legge di Darcy. Permeabilità. Flusso in acquiferi confinati e non. Convezione termica in uno strato poroso. Migrazione del magma. Cenni di poro-elasticità.

Gravità. Il campo gravitazionale della Terra. Il geoide. Anomalie e correzioni. Calcolo delle anomalie per semplici distribuzioni di massa. Le maree solide. Gravimetri.

Magnetismo ed elettricità. Il campo magnetico terrestre e la sua origine. Proprietà magnetiche delle rocce. Magnetometri. Resistività delle rocce.

Testi consigliati

E.A. BRYANT, *Natural Hazards*, Cambridge Univ. Press, 1991

C.M.R. FOWLER, *The Solid Earth, An Introduction to Global Geophysics*, Cambridge Univ. Press, 1990

T. LAY AND T.C. WALLACE, *Modern Global Seismology*, Academic Press, 1995

D.L. TURCOTTE AND G. SCHUBERT, *Geodynamics, Applications of Continuum Physics to Geological Problems*, J. Wiley and Sons, 1982

FISIOLOGIA DEGLI ORGANISMI MARINI

Docente: Elena Fabbri

Tipo: V Anno, II semestre; 80 ore comprensive di lezioni ed esercitazioni;

Esame: orale.

Contenuto del corso

L'ambiente acquatico: proprietà chimico-fisiche

Osmoregolazione ed escrezione: compartimenti idrici e distribuzione degli elettroliti; organi osmoregolatori negli animali acquatici; formazione ed escrezione dei residui azotati; meccanismi operanti nel passaggio ad ambienti a diversa salinità.

Respirazione in acqua: gas disciolti; le branchie; regolazione e implicazioni fisiologiche della respirazione acquatica. Adattamenti respiratori per l'immersione.

Alimentazione e metabolismo energetico; catene alimentari nell'ambiente marino; alimentazione, digestione, assorbimento; richieste nutrizionali specifiche; riserve energetiche

Termoregolazione: calore e propagazione del calore; temperatura corporea degli animali pecilotermi; tolleranza alle alte ed alle basse temperature; modalità di adattamento.

Movimenti e locomozione acquatica: strategie di galleggiamento; il muscolo adduttore dei bivalvi; i muscoli delle chele dei crostacei; muscoli associati a scheletri idraulici e rigidi; il nuoto.

Sensi ed informazione: principi generali della trasduzione sensoriale; chemorecezione, elettrorecezione, magnetorecezione, termorecezione, meccanorecezione, fotorecezione; elaborazione dell'informazione sensoriale e comportamento; orientamento e migrazione.

Riproduzione: ormoni, ferormoni e comportamento riproduttivo; influenze ambientali sull'attività gonadica; controllo ormonale della maturazione degli oociti e della ovulazione; inversione sessuale nei pesci in ambiente naturale; controllo ormonale della determinazione del sesso.

Testi consigliati

Eckert, Randall, Fisiologia Animale, ed. Zanichelli.

Knut Schmidt-Nielsen, Fisiologia Animale - Adattamento e Ambiente, ed. Piccin.

FONDAMENTI DI ANALISI DI SISTEMI ECOLOGICI

Docente: Victor Ugo Ceccherelli

Contenuto del corso:

- *Dati di misura.* Dati di misura, di enumerazione e di rango; popolazioni, campioni, distribuzioni, istogrammi e poligoni di frequenza; misure di tendenza centrale di una distribuzione (medie); misure di dispersione: intervallo di variazione, varianza e deviazione standard; altre misure di localizzazione.

- *La distribuzione normale*. La distribuzione normale (D.N.); poli della D.N.; forma della D.N.; proprietà della D.N. e standardizzazione; frequenze teoriche e probabilità dei valori reali; errore standard della media, distribuzione del t di Student, intervallo fiduciale di una media.
- *Dati di abbondanza delle popolazioni biologiche*. Stima delle abbondanze con i metodi di: a) marcatura e ricattura; b) conteggio di quadrati e di transetti; c) misure di distanza e metodi di rimozione.
- *Disegni di campionamento e sperimentali*. Determinazione della taglia di un campione; campionamento casuale (semplice, stratificato, sistematico); campionamento sequenziale; disegni sperimentali.
- *Analisi dei parametri di popolazione*. Tassi di sopravvivenza e di mortalità (finiti ed istantanei); tasso istantaneo di crescita; tavole di vita; stime di sopravvivenza dalla composizione per età.
- *Analisi dei parametri di comunità*. Misure di similarità; metodiche di classificazione; metodiche di ordinamento; misure di diversità.
- *Analisi della nicchia*. Ampiezza di nicchia; sovrapposizione di nicchia; misure di preferenza alimentare.

Testi consigliati

CHARLES J. KREBS, *Ecological methodology*, 1989, Harper & Row Publ., New York.

L. LISON, *Statistica applicata alla biologia sperimentale*, 1961, Ambrosiana, Milano.

GENETICA

Docente: Daniela Guerra

Contenuto del corso:

DNA come materiale genetico. Struttura del DNA. Replicazione del DNA. Organizzazione dei geni. Trascrizione: procarioti ed eucarioti. Tipi di RNA; mRNA, rRNA, tRNA. Il codice genetico. Traduzione: procarioti ed eucarioti. Manipolazione del DNA: clonaggio di geni e loro studio.

Il gene mendeliano. Associazione e ricombinazione negli eucarioti: mappe cromosomiche. Mutazioni geniche e sistemi di selezione. Mutazioni cromosomiche: alterazioni della struttura e del numero. Ricombinazione nei batteri e nei virus.

Struttura fine del gene. Complementazione. Meccanismi di produzione della variabilità genetica: mutazione, ricombinazione, trasposizione. Modelli molecolari. Controllo dell'espressione genica.

Genetica dei caratteri quantitativi. La struttura genica delle popolazioni. Frequenze geniche e genotipiche. Polimorfismo ed eterozigosi. I meccanismi dell'evoluzione. La legge di Hardy-Weinberg. Fattori che modificano le frequenze geniche: mutazione, flusso genico, deriva genetica, selezione.

Testi consigliati

SUZUKI, GRIFFITHS, MILLER, LEEWONTIN, *Genetica. Principi di analisi formale*, Zanichelli.

AYALA e KIGER, *Genetica moderna*, Zanichelli.

T.A. BROWN, *Genetics. A molecular approach*, Second edition. Chapman and Hall.

WATSON, GILMAN, WITKOWSKI, ZOLLNER, *DNA Ricombinante*, Zanichelli.

DARNELL, LODISH, BALTIMORE, *Biologia molecolare della cellula*, Zanichelli.

GEOCHIMICA

Docente: Lauro Morten

Tipo: 80 ore di lezione, 2° semestre, 3°, 4°, 5° anno

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire allo studente i principi necessari per poter comprendere ed affrontare problematiche geochimiche.

Contenuto del corso: Geochimica storica. Scopi della Geochimica. Nucleosintesi. Abbondanza degli elementi chimici nel sistema solare. Meteoriti. Composizione globale della Terra. Composizione chimica del nucleo, del mantello e della crosta terrestre. Controllo strutturale della distribuzione degli elementi: struttura cristallina delle principali fasi minerali; numero di coordinazione, raggio ionico, regole di Goldschmidt. Classificazione geochimica degli elementi. Controllo termodinamico della distribuzione degli elementi: coefficiente di partizione. Fusione all'equilibrio e frazionata. Struttura di fusi silicatici. Anatessi di mantello e crosta. Solidificazione di fusi silicatici: sistemi semplici a due e tre componenti. Differenziazione magmatica. Geochimica isotopica. Weathering: interazione solido-acqua e diagrammi di stabilità di fasi silicatiche. Acque continentali. Oceanografia chimica. Cicli geochimici. Geochimica ambientale: livelli naturali e variazioni, per attività antropiche, di alcuni elementi chimici; processi piante-suolo; geochimica e salute animale e dell'uomo; impatto ambientale delle fonti di energia.

Testi consigliati

G. FAURE, *Principles and applications of inorganic geochemistry*, Macmillan Publ.

G. OTTONELLO, *Principi di geochimica*, Zanichelli, Bologna.

P. HENDERSON, *Inorganic geochemistry*, Pergamon Press.

Appunti verranno distribuiti durante le lezioni.

GEOFISICA MARINA

Docente: Francesca Quareni

Contenuto del corso:

- *Teoria geofisica della Terra* – Dimensioni e caratteristiche fisiche della Terra. Tettonica a placche, apertura dei fondali oceanici, tipi di margine tettonico, moto delle placche tettoniche.
- *Flusso di calore* – Meccanismi di trasmissione del calore, legge di Fourier, flusso di calore oceanico e continentale, legge della conduzione unidimensionale stazionaria, modelli di concentrazione crostale degli elementi radiogenici, boundary layers. Flusso di calore oceanico, topografia dei fondi oceanici. Misure di flusso di calore.
- *Campo magnetico* – Richiami di magnetostatica, unità di misura, campo magnetico terrestre, forma e caratteristiche dei campi magnetico e geomagnetico, modelli di generazione, inversioni della polarità e anomalie magnetiche oceaniche. Paleomagnetismo, magnetismo residuo naturale, calcolo dei poli paleomagnetici. Magnetizzazione delle rocce, suscettività. Prospezione magnetica in mare, magnetometri, gradiometri, tecniche di prospezione magnetica, interpretazione delle anomalie magnetiche.
- *Campo di gravità* – Potenziale gravitazionale e accelerazione di gravità, gravità di riferimento, forma della terra, geoide, sferoide ed ellissoide di riferimento, anomalie di gravità. Isostasia, anomalie in aria libera, anomalie di Bouguer, anomalie del geoide, isostasia termica dei fondali oceanici. Prospezione gravimetrica in mare, anomalie gravimetriche di corpi sepolti, gradiometri. Post-glacial rebound e variazioni del livello marino, geoide radar-altimetrico, topografia dei fondi oceanici.
- *Prospezione Sismica* – Rifrazione: modello a due strati, onda riflessa e rifratta, distanza critica, distanza di crossover, modelli multistrato, strati inclinati, sezioni inverse, limiti del metodo, strato a bassa velocità, strato sottile, diffrazione, mezzi con variazione continua delle velocità, prospezione a rifrazione in mare. Riflessione: coefficienti di riflessione e rifrazione, modello a due strati, grafico t^2-x^2 , velocità minimi quadrati, deviazione normale, modelli multistrato, metodo di Dix, strati inclinati, tempo minimo, deviazione di pendenza, riflessioni multiple, profili CDP e offset comune. Geofoni ed idrofoni, sistemi di acquisizione dati sismici, dispositivo di energizzazione in mare, riverberazione del fondo. Processing sismico: deconvoluzione, correzioni statiche e dinamiche, correzioni di ampiezza, stacking, migrazione.

Testi consigliati

Verranno distribuite dispense.

Altri testi di riferimento:

D.L. TURCOTTE e G. SCHUBERT, *Geodynamics*, John Wiley & Sons, 1982.

C. M. R. FOWLER, *The solid Earth*, Cambridge Univ. Press, 1990.

M.B. DOBRIN e C.H. SAVIT, *Geophysical Prospecting*, McGraw Hill, 1988.

P. V. SHARMA, *Geophysical Methods in Geology*, Elsevier, 1986.

O. YLMAZ, *Seismic data processing*, Stephen Doherty Ed, 1987.

GEOLOGIA MARINA

Docente: Renzo Sartori

Contenuto del corso: Introduzione. Cenni di fisica terrestre. Dinamica della Litosfera e Tettonica a Zolle. Genesi ed evoluzione degli Oceani. Aree marine in ambienti geodinamici divergenti, trasformati e convergenti: geomorfologia, geofisica, petrologia, sedimentologia, magmatismo, metamorfismo ed evoluzione temporale e strutturale. Caratteri geologici degli Oceani. Caratteri ed evoluzione geologica del Mediterraneo e dei mari italiani. Cenni di stratigrafia sismica, paleoceanografia e paleoclimatologia.

Il corso sarà integrato da esercizi pratici sui seguenti argomenti: Mezzi e metodi della ricerca geologica in mare (navi, campionature, analisi strumentali e geofisiche). Ecografia e batimetria (analisi geologica del fondo marino). Profili di sismica a riflessione (analisi geologica del sottofondo marino).

Testi consigliati

Non esiste un libro di testo che comprenda tutti gli argomenti trattati. Parti del corso possono essere approfondite in:

I. P. KENNETT, *Marine Geology*, Prentice Hall, N.J., 1985.

M. ANDERSON, *Marine Geology*, J. Wiley & Sons, N.Y., 1989.

OPEN UNIVERSITY COURSE TEAM, *The Ocean Basins, their structure and evolution*, Open Univ., Pergamon Press, Oxford, 1989.

La formazione delle montagne, Quaderni «Le Scienze» n. 13, (1984).

Tettonica a zolle, Quaderni «Le Scienze» n. 32, (1986).

Il Pianeta Terra, Quaderni «Le Scienze» n. 47, (1989).

L'evoluzione dei continenti, Quaderni «Le Scienze» n. 64, (1992).

GEOPEDOLOGIA

Docente: Giovanni Casalicchio

Tipo: 70 ore di lezione, 10 di campagna, annuale, 3° anno

Esame: orale integrato con la disamina delle schede di rilevamento

Scopo del corso: Fornire i principi di base per: comprendere il significato dei processi coinvolti nella genesi dei suoli in funzione delle caratteristiche dell'ecosistema in cui tale evento si svolge; classificare i vari tipi di suolo; realizzare carte pedologiche e derivate al fine di permettere una corretta gestione del territorio in cui si opera.

Contenuto del corso: Sfere biogeochimiche ed ambiente pedogenetico. Il suolo quale ambiente dinamico. I processi di formazione del suolo e loro aspetti comuni con gli eventi geologici: origine del substrato pedogenetico e suo divenire (ambiente pedogenetico e non pedogenetico). I processi di evoluzione del suolo: processi di migrazione e di

accumulo, genesi delle argille e dei vari tipi di acidi umici. Evoluzione del substrato pedogenetico in un suolo in climax. Evoluzione progressiva e regressiva (vari tipi). I fattori della pedogenesi e loro importanza nella genesi dei suoli. Studio dei vari orizzonti del profilo: loro caratteristiche e simbologie utilizzate. Schede di campagna e loro uso. Classificazione dei suoli (Francese, Soil Taxonomy USDA). Loro potenzialità nell'ambito del territorio in funzione dell'uso a cui si vuole adibirli. Carte derivate.

Testi consigliati

Pédologie: Ducafour Ph.: (vol. 1.), Masson 1983; Bonneau M., Souchier B.: (vol. 2.), Masson, 1979.

J. BOULAIN, *Pedologie appliquée*, Masson, 1980.

PH. DUCAUFUR, *Atlas écologique des sols du monde*, Masson, 1976.

IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA

Docente: Franco Francavilla

Contenuto del corso:

Idrologia. Le forme del rilievo e il modellamento dei versanti. L'azione delle acque correnti. Il ciclo dell'erosione fluviale e le sue forme. Trasporto e sedimentazione di un corso d'acqua. Le pianure costiere, i delta e le forme correlate. Analisi morfometrica di un bacino idrografico. Il bilancio idrologico. Le precipitazioni. La misura e la elaborazione dei dati pluviometrici. L'evaporazione e la traspirazione. L'evapotraspirazione potenziale. Il deflusso superficiale. Alimentazione e portata di un corso d'acqua. Perdita apparente e coefficiente di deflusso. Gli idrogrammi fluviali e la loro analisi. Piene e magre. Regimi fluviali. Correlazione tra deflusso e parametri caratteristici dei bacini idrografici. Cenni di idrologia lacustre. L'infiltrazione. Bacini idrografici ed idrogeologici. Idrogeologia. Distribuzione delle acque nel sottosuolo. Porosità e permeabilità. Il moto delle acque in un mezzo poroso. La legge di Darcy e i suoi limiti. Il gradiente idraulico. Acquiferi e falda. Limiti idrogeologici. Le superfici piezometriche e l'analisi della loro morfologia. La spaziatura delle isolinee e le informazioni che ne derivano. Calcolo della portata di una falda in varie condizioni di moto. La trasmissività. La ricerca idrica. Principi di cartografia idrogeologica. Lettura ed interpretazione di carte idrogeologiche. Determinazione della direzione e v di flusso delle acque s. mediante l'analisi cartografica. Rapporti tra acque superficiali e di falda. Cenni sulla circolazione idrica in un mezzo fessurato ed il carsismo. I traccianti ed il loro uso. Le sorgenti. Loro studio e classificazione (s. Civita). Le opere di captazione. Età delle acque sotterranee. I pozzi per acqua. Prove di emunzione e loro organizzazione. I coni di depressione. Prove a più scalini. Curva caratteristica di un pozzo e portata specifica. Prove a portata unica di lunga durata. Retta caratteristica e suo significato. Il raggio d'influenza e la sua determinazione. Interferenza tra pozzi.

Applicazioni all'ambiente. Rischio idraulico ed idrogeologico. Le risorse idriche ed il loro uso. La tutela delle risorse. Oscillazioni dei livelli di falda, naturali e indotte. Il

bilancio e le riserve idrogeologiche. Vulnerabilità degli acquiferi e zone di rispetto delle opere di captazione. Le attività estrattive in relazione alle acque superficiali e sotterranee. Discariche e falde. Principali caratteri chimico-fisici delle acque. I requisiti di potabilità delle acque destinate al consumo umano. I principali contaminanti e la loro diffusione nelle acque dell'Emilia Romagna. Generalità sulla diffusione di un inquinante in un mezzo saturo e non. Caratteri dell'acquifero regionale dell'ER. Esempi regionali di inquinamento da attività agricole ed industriali. Rapporti acque dolci-acque salate nelle regioni costiere. Il problema dell'ingressione delle acque marine. L'abbassamento del suolo riferito alla estrazione di fluidi. Le variazioni delle linee di riva. Acque fredde e calde. Cenni di geotermia. Le acque termo-minerali.

Testi consigliati

M. CIABATTI, *Elementi di Idrologia superficiale*, CLUEB, Bologna.

G. CASTANY, *Idrogeologia. Principi e metodi*, Flaccovio Ed., Palermo.

P. CELICO, *Prospezioni idrogeologiche*, vol. 1, Liguori Ed., Napoli.

AUTORI VARI (CNR-G.N.D.C.I.), *Proposta di normativa per l'istituzione delle fasce di rispetto delle opere di captazione di acque sotterranee*, Geo-Graph., Segrate (MI).

W. BERTONI, L. VENTURINI, G.M. ZUPPI, *Studio chimico-isotopico delle acque sotterranee della pianura ravennate*, Comune di Ravenna.

Dispense ed appunti.

INQUINAMENTO E DEPURAZIONE DELL'AMBIENTE MARINO

Docente: Guido Galletti

Tipo: 85 ore di lezione, 2° semestre

Esame: orale.

Scopo del corso: Fornire una conoscenza di base sugli inquinanti marini e sulle tecniche di bonifica degli ambienti marini inquinati.

Contenuto del corso: Principali classi di inquinanti marini (radionuclidi, prodotti petroliferi, composti organici di sintesi, metalli pesanti, rifiuti solidi non biodegradabili). Processi di trasporto. Caratteristiche chimiche. Metodi analitici. Effetti sull'ambiente marino. Esempi di tecniche di risanamento di sedimenti inquinati.

Testi consigliati

R.B. CLARK, *Marine Pollution*, III ed., Clarendon Press, Oxford, 1994.

M.R. PRESTON, *Marine Pollution*. In: *Chemical Oceanography*, Academic Press, London, San Diego, vol. 9, 53-196, 1988.

ISTITUZIONI DI MATEMATICA I**Docente: Enrico Bernardi**

Contenuto del corso: Numeri reali, relazioni, funzioni. Successioni e serie di numeri reali. Limiti e loro proprietà. Limiti per funzioni di una variabile reale. Continuità. Proprietà globali delle funzioni continue. Derivate. Monotonia e segno della derivata prima. Derivate seconde. Convessità. Massimi e minimi locali. Funzioni elementari e loro inverse (esponenziale, logaritmo, funzioni trigonometriche, funzioni iperboliche). Integrale. Proprietà. Il teorema fondamentale del calcolo. Primitive. Regole di integrazione. Alcuni integrali significativi (funzioni razionali, funzioni irrazionali quadratiche, ecc.). Matrici e loro proprietà. Determinante. Sistemi lineari. Formula di Taylor e applicazioni.

Testi consigliati

A. AVANTAGGIATI, *Istituzioni di matematica*, Ambrosiana, Milano.

Note per lo studente: Lo studente può utilizzare ogni testo di Analisi I o Istituzioni di matematiche I che contenga gli argomenti sopra citati.

ISTITUZIONI DI MATEMATICA II**Docente: Valeria Simoncini**

Contenuto del corso: *Sistemi dinamici* Definizione punti singolari, equilibrio, stabilità. Sistemi dinamici nel piano, traiettorie di fase. Linearizzazione, andamento delle traiettorie di fase intorno a un punto singolare: nodi, selle, centri, fuochi. Caso conservativo: energia potenziale, curve di livello, stabilità dei punti di minimo (tav. di Dirichlet). Energia potenziale dipendente da un parametro, biforcazioni elementari.

Testi consigliati

ZWIRNER, *Istituzioni di Matematiche*, parte 2.

LABORATORIO DI ANALISI CHIMICA**Docente: Clinio Locatelli****Contenuto del corso:**

Statistica collegata a campioni reali per una esatta valutazione del dato analitico. Campionamento e preparazione del campione in ecosistemi complessi. Criteri di scelta di una metodica analitica in base alle caratteristiche del campione. Analisi volumetrica. Generalità. Acidimetria ed alcalimetria. Reazioni di precipitazione. Complessometria. Ossidimetria. Metodi elettrochimici di analisi. Potenzimetria. Conduttimetria. Voltammetria. Amperometria. Coulombometria. Metodi ottici e spettroscopici. Assorbimento di radiazioni elettromagnetiche nel visibile ed U. V. Spettrofotometri. Legge di Lambert e Beer e sue applicazioni. Spettroscopia atomica di assorbimento ed emissione. Metodi di separazione tra fasi. Procedimenti cromatografici. Cromatografia liquido-liquido, gas-solido, gas-liquido. Analisi ambientali di particolare interesse.

Testi consigliati

A.D. SKOOG, D.M. WEST, F. J. HOLLER, *Fundamentals of Analytical Chemistry*, Saunders College Publ. Int. Ed., New York, 1988.

D.C. HARRIS, *Chimica Analitica Quantitativa*, Zanichelli, Bologna, 1991.

J.C. MILLER, J.N. MILLER, *Statistics for Analytical Chemistry*, John Wiley and Sons Ed., New York, 1988.

LABORATORIO DI ECOLOGIA APPLICATA

Docente: Marco Abbiati

Tipo: annuale, 4° anno, indirizzo marino

Esame: orale, integrato con Ecologia Applicata

Scopo del corso: Il corso si articola in due moduli: uno teorico e uno pratico in laboratorio. Il modulo teorico è finalizzato alla presentazione delle principali tecniche di indagine ecologica utilizzate in ambiente marino, ne vengono individuati i settori di applicazione e il tipo di informazione che esse sono in grado di fornire. Il modulo pratico prevede lo svolgimento delle diverse fasi di uno studio sperimentale per saggiare la tossicità di sostanze chimiche.

Contenuto del corso

Richiami dei principi di biologia ed ecologia marina. Effetto degli scarichi urbani in mare, eutrofizzazione e distrofia, effetti sul benthos. Principali fonti di inquinamento da idrocarburi e interventi di recupero. I composti organoagelati nell'ambiente marino, loro effetti sugli organismi. Capacità adattive degli organismi marini e loro grado di tolleranza. Tecniche utilizzate per la valutazione delle alterazioni ambientali: analisi della struttura delle comunità bentotiche, test di mutagenicità, organismi bioindicatori di inquinanti conservativi. Alterazioni della ricchezza specifica: specie minacciate di estinzione, specie

introdotte. Ruolo delle aree protette nella salvaguardia dell'ambiente marino.

Generalità e scopi dei test ecotossicologici, test su singole specie acuti e cronici. Metodologie dei test acuti. Esecuzione pratica in laboratorio di un test ecotossicologico in tutte le sue fasi. Individuazione dell'organismo bioindicatore (*Daphnia magna*), allevamento delle popolazioni, svolgimento del test e lettura dei risultati, analisi dei dati, NOEC, LOEC, LC50, elaborazione dei risultati finali e loro commento.

Testi consigliati

R.B. CLARK, *Marine Pollution*, Clarendon Press, Oxford, 1994.

G. COGNETTI E G. COGNETTI, *Inquinamento e protezione del mare*, Calderini, Bologna, 1992

N. DELLA CROCE, R. VIETTI CATTANEO, R. DANOVARO, *Ecologia e protezione dell'ambiente marino costiero*. UTET, Torino, 1998.

LABORATORIO DI FISICA

Docente: Daniela Cavalcoli

Tipo: 60 ore di lezione, corso estensivo, 2° anno

Esame: prova scritta che consiste nelle quattro relazioni sulle prove di laboratorio (È necessario consegnare almeno 3 delle 4 relazioni richieste) e da una prova orale. È integrato con il corso di Fisica Generale II.

Scopo del corso: Fornire allo studente la metodologia generale per la pratica di laboratorio: in particolare l'analisi degli errori sperimentali, la presentazione dei dati sperimentali per mezzo di tabelle e grafici, l'analisi statistica dei dati sperimentali.

Contenuto del corso: Introduzione, definizione di misura e di qualità di una misura (precisione, accuratezza, sensibilità). Propagazione degli errori, alcuni esempi. Teoria della probabilità. La distribuzione Normale. Alcune applicazioni: il criterio di Chauvenet (rigetto dei dati) e la media pesata. Il Teorema centrale limite.

Il metodo dei minimi quadrati. Alcuni esempi: variazione dei pesi statistici. Covarianza e correlazione. Alcune note sulla presentazione dei dati sperimentali, cifre significative. La distribuzione Binomiale, la distribuzione di Poisson. Il test del Chi quadrato per una distribuzione.

Prove di Laboratorio:

- Taratura di una termocoppia Cr-Al (applicazione del metodo dei minimi quadrati).
- Misura della densità di un liquido con un matraccio, mediante l'uso di una bilancia analitica.
- Determinazione del calore specifico di un corpo con il calorimetro delle mescolanze.
- Determinazione dell'accelerazione di gravità g dalla misura del periodo di oscillazione di un pendolo semplice (applicazione della distribuzione di Gauss e del test del Chi quadro).

Testi consigliati

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

M. CAPORALONI, S. CAPORALONI, R. AMBROSINI, *La misura e la valutazione della sua incertezza nella fisica sperimentale*, Zanichelli, Bologna.

LABORATORIO DI GEOPEDOLOGIA

Docente: Antonella Gagliardi

Contenuto del corso:*Parte prima*

Introduzione al corso: inquadramento delle indagini ambientali e di laboratorio necessarie allo studio geopedologico.

La cartografia del suolo come strumento di base per la determinazione del grado di fertilità agro-silo-pastorale dei terreni e come punto di partenza per la costruzione di carte derivate e di dettaglio con particolare riguardo alla valutazione di impatto ambientale.

Correlazione tra tematismi ambientali rappresentati a differenti scale cartografiche e finalizzati a diversi livelli di indagine territoriale: indagini di riconoscimento, indagini di semidettaglio, indagini di dettaglio.

Parte seconda

Inquadramento delle caratteristiche ambientali: dati e strumenti necessari per eseguire l'indagine ambientale finalizzata alla delimitazione e caratterizzazione delle «unità di passaggio territoriali».

Cartografia e bibliografia storica. Cartografia di base e tematismi da essa derivabili: le carte topografiche e le carte tecniche; la carta altimetrica, clivometrica, dell'idrografia, del drenaggio superficiale e dell'esposizione dei versanti.

Fotografia aerea, fotointerpretazione e carte tematiche da essa derivabili: le caratteristiche delle foto aeree (tipo di pellicole, quota di ripresa, caratteristiche delle camere metriche); stereoscopia e fotointerpretazione; alcuni caratteri del territorio leggibili dalle fotografie aeree; sistemi di restituzione delle foto aeree; carte tematiche realizzabili dalla fotointerpretazione: geomorfologia, uso urbano ed agricolo, copertura boschiva, idrografia di superficie; cenni sul telerilevamento: i satelliti delle ultime generazioni, modalità di raccolta, trasmissione, trasferimento, elaborazione e trattamento dei dati; il concetto di multitemporalità nell'indagine ambientale.

Dati climatici: raccolta ed elaborazione dei dati climatici essenziali (temperature e precipitazioni); stazioni termo-pluviometriche sul territorio nazionale; modalità di reperimento delle informazioni. Unità di paesaggio territoriali: dalla correlazione tra le differenti caratteristiche ambientali riscontrate sul territorio vengono individuati ambiti omogenei; unità di paesaggio come punto di partenza per indagini più approfondite sul territorio: indagini pedologiche, ricerche inquinologiche, evoluzione dei microclimi, pianificazione ecologica, conservazione del paesaggio.

Parte terza

Dalla definizione di unità di paesaggio all'inquadramento delle indagini pedologiche. Rilevamento di campagna, descrizione delle stazioni e del profilo pedologico: i differenti tipi di profili del suolo in relazione alle caratteristiche ambientali e alle attività antropiche.

Dati di stazione: quota, esposizione, inclinazione del versante, litologia, geomorfologia, pietrosità, rocciosità, uso del suolo, coordinate geografiche.

Dati del profilo: limite inferiore dell'orizzonte, struttura, attività biotica, radici, colore, screziature, figure pedogenetiche, pellicole, fessure, scheletro. Raccolta dei campioni di suolo e loro conservazione. Indagini di laboratorio: preparazione dei campioni di suolo per le analisi chimico-fisiche, mineralogiche ed idrologiche.

Analisi chimico-fisiche: granulometria, reazione del suolo (pH), carbonati totali, calcare attivo, sostanza organica, azoto totale, rapporto carbonio-azoto, capacità di scambio cationica, cationi scambiabili, acidi umici ed acidi fulvici, salinità, elementi totali.

Analisi mineralogiche: determinazioni della componente sabbiosa per via chimicofisica e per via ottica; determinazione della componente argillosa per via chimico-fisica e diffrattometrica.

Elaborazione dati climatici: definizione dei regimi termico ed idrico relativamente alle norme della classificazione internazionale; calcolo del bilancio idrico dei suoli secondo Bianey-Criddle e Thornthwaite-Mater,

Classificazione dei suoli: caratteristiche delle classificazioni internazionali più in uso: Classificazione Francese (CPCS); classificazione FAO-Unesco, classificazione USDA (Soil Taxonomy).

Cartografia del suolo: tecniche di realizzazione di una carta dei suoli: unità e sottounità di paesaggio, descrizione e classificazione dei suoli, caratteristiche fisiche e chimico-fisiche interne al suolo, caratteristiche fisiche esterne al suolo; tecniche grafiche e di riproduzione.

Testi consigliati

G. VIANELLO, *Cartografia e fotointerpretazione*, Clueb, Bologna, 1990.

C. CIAVATTA, G. VIANELLO, *Bilancio idrico dei suoli: applicazioni tassonomiche climatiche e cartografiche*, Clueb, 1990.

G. VIANELLO, *Classificazione e cartografia del suolo*, Clueb (in corso di stampa).

LABORATORIO DI STRUMENTAZIONE OCEANOGRAFICA

Docente: Giovanni Gabbianelli

Contenuto del corso:

- *Elementi di Cartografia:* Superfici di riferimento. Sistemi di coordinate. Triangolazione, trilaterazione, reti trigonometriche e altimetriche. Cartografia di Mercatore, Gnomonica, Gauss-Boaga e UTM. Datum cartografici e conversione di coordinate.

- *Elementi di navigazione lossodromica*: Principali pubblicazioni nautiche. Cenni sui radioservizi per la navigazione. Luoghi di posizione e principali strumenti nautici di misura. Rotte: conversioni e correzioni. Carteggio nautico. Cenni sui dati evolutivi dei mezzi navali. Criteri di organizzazione dei rilievi in mare.
- *Posizionamento statico e dinamico*: Principali sistemi ottico-topografici. Architettura, geometrie e caratteristiche strumentali dei principali sistemi elettronici di posizionamento (radar, iperbolico, distanza-distanza, satellite e differenziale). Calibrazioni e correzioni. Sistemi computerizzati di acquisizione/gestione dati. Restituzione cartografica.
- *Misure di oceanografia fisica*: Logiche operative e caratteristiche strumentali dei principali sistemi per la misura di maree, correnti e moto ondoso. Elementi di elaborazione ed interpretazione dei dati. Sistemi di misura diretta di parametri idrologici ed uso di tavole statistiche ai fini della determinazione della velocità del suono in acqua.
- *Indagini geofisiche dei fondali*: Finalità ed organizzazione dei rilievi. Ecoscandagli, ecografi a scansione laterale, penetratori di sedimenti, sistemi sismici ad alta risoluzione, magnetometri. Caratteristiche strumentali e metodologie operative. Calibrazioni e correzioni. Lettura delle registrazioni analogiche: risoluzioni, distorsioni, deformazioni ed approssimazioni negli ecogrammi. Elementi interpretativi e correlativi. Restituzioni cartografiche.
- *Campionatura di acque e sedimenti*: Finalità, organizzazione e tecniche operative. Principali sistemi di campionatura: bottiglie, rosette, benne, box-corer, carotieri, draghe, trappole per sedimento. Principali analisi in situ. Trattamento ed archiviazione dei campioni.
- *Sistemi di indagine diretta*: Criteri e finalità. Principali sistemi subacquei: macchine fotografiche e telecamere, veicoli filoguidati ed automatici, sistemi presidiati. Restituzione cartografica.
- *Misure meteorologiche*: Temperatura, pressione, umidità, vento, pioggia. Principali strumenti manuali ed automatici. Calibrazione, correzione e conversione delle misure. Norme e stima delle osservazioni a vista. Messaggi, bollettini, carte previsionali via radio, meteosat e meteofax. Elementi di analisi e previsione del tempo.

Testi consigliati

Non esiste un libro di testo comprendente tutti gli argomenti trattati. Si consigliano gli appunti delle lezioni. Singole parti possono essere approfondite sui sottoelencati testi, disponibili in biblioteca.

AA.VV., *Sismica alta risoluzione*, Miscellanea.

E.A. HAILWOOD & R. B. KIDD, 1989, *Marine geological surveying and sampling*, G. & T., Londra.

A. E. INGHAM, 1975, *Sea surveying*, Wiley & Sons, Londra.

I.I.M., 1992, *Manuale dell'Ufficiale di Rotta*, Voll. I e II, Genova.

USGS, 1987, *Map Projection .- a working manual*, U.S. Geological Survey, Washington.

LIMNOLOGIA

Docente: Giuliano Bonomi

Tipo: Complementare, Sc. Ambientali, Indirizzo Terrestre; 80 ore, intensivo, 2° semestre, 4°-5° anno

Esame: orale

Scopo del corso: fornire le basi per la comprensione delle strutture e funzioni presenti nelle acque continentali, che oggi sono diventate la più importante risorsa materiale per l'uomo.

Contenuto del corso: La tradizione di studi limnologici in Italia e negli altri Paesi. La Limnologia osservativa e la Limnologia manipolativa. Configurazione delle acque continentali. Caratteristiche della molecola dell'acqua, che si riflettono sulla idrodinamica delle acque interne. Le acque ed i substrati solidi. Origine ed evoluzione spazio-temporale delle salinità. Rapporti delle acque con l'energia radiante e meccanica: ottica, termica e movimenti delle acque. Organizzazione ecologica dei principali tipi di corpi d'acqua.

Batteri, fito- e zooplancton, zoo- e fitobentos, pesci. Regolazioni ecologiche. Successioni. Manipolazioni della rete fluvio-lacustre. Paleolimnologia.

Cenni sull'inquinamento delle acque interne. Eutrofizzazione, inquinamento da metalli, termico, da molecole organiche. Trasferimenti e concentrazioni. Diagnosi e controllo. Prevenzione e interventi riabilitativi.

È prevista una escursione didattica in collaborazione col corso di Idrologia e Idrogeologia del corso di laurea in scienze ambientali e con quello di Idrobiologia dei corsi di laurea in scienze naturali e scienze biologiche

LITOLOGIA E GEOLOGIA

Docente: Giovanni Gabbianelli

Contenuto del corso:

- Origine della Terra, forma, dimensioni e movimenti. Richiami di geodesia e topografia: le superfici matematiche della terra, sistemi di coordinate, orientamento e posizionamento. Richiami di geofisica applicata: magnetometria, gravimetria, geotermia, sismologia, sismica. I terremoti: onde sismiche, meccanismi focali, intensità, magnitudo, energia. Costituzione interna della Terra e litosfera. Minerali e rocce.
- Il ciclo delle rocce. Il processo magmatico: magmi, consolidamento magmatico, plutonismo e vulcanesimo. Il metamorfismo: tipi ed effetti, anatessi e magmi cristallini. Il processo sedimentario: le rocce classiche, chimiche, organogene e organiche (carboni e petroli). Facies ed associazioni di facies sedimentarie come strumento di analisi e ricostruzione di ambienti. Criteri classificativi e riconoscimento dei

- principali tipi di rocce (esercitazioni pratiche).
- La Terra come insieme dinamico. Movimenti della crosta e del mantello. La gravità terrestre e le sue anomalie. L'isostasi. La magnetizzazione delle rocce: il campo magnetico e le sue variazioni, anomalie magnetiche, il paleomagnetismo e le inversioni del campo terrestre. La deriva dei continenti. La teoria della tettonica globale. Tensioni compressive e distensive. Strutture plicative e disgiuntive. Tettonica e sedimentazione. Le principali zone strutturali della crosta terrestre: bacini e dorsali oceaniche, margini continentali attivi e passivi. Le catene orogeniche, i cratoni. Cause e classificazione delle eruzioni vulcaniche, forma e costituzione dei vulcani, i prodotti.
 - La superficie terrestre come ambiente. Processi di alterazione superficiale ed agenti esogeni. L'atmosfera, sue caratteristiche e influenza sulle rocce. L'idrosfera e il ciclo dell'acqua: acque marine e continentali. Gli ambienti sedimentari, la distribuzione degli organismi, le principali strutture sedimentarie. Il controllo della sedimentazione e la variazione del livello marino: trasgressioni, regressioni e cicli sedimentari. Cenni di geochimica ambientale.
 - Ambienti subaerei e pedogenesi. Ambiente fluviale, lacustre e glaciale. Ambienti di transizione: spiagge, delta, lagune. Gli ambienti marini: la piattaforma continentale e quelli profondi. Dinamiche sedimentarie sottomarine. Principali caratteristiche e processi deformativi dei sedimenti.
 - Problemi di geologia storica. Cenni di storia della vita sulla terra: la paleontologia e i fossili, evoluzione e fossili guida. Gli strati ed il principio di sovrapposizione stratigrafica. Giacitura degli strati e confini geologici. Età relativa ed assoluta, principali metodi di datazione. Cronologia geologica e stratigrafica, le unità stratigrafiche, correlazioni e discontinuità.
 - Cenni di tettonica e geologia strutturale, Natura delle forze tettoniche. Sforzi e deformazioni in un corpo roccioso. Principali tipi di dislocazioni e deformazioni. Stili tettonici. Analisi meso- e micro-strutturale. La neotettonica.
 - Richiami sul trattamento grafico di dati. Diagrammi, cartogrammi, carte geografiche, topografiche e tematiche, Cenni su carte, profili e sezioni geologiche (esercitazioni pratiche).
 - Geologia e pianificazione territoriale. Rischi geologici: tipi, danni e difesa. Difesa del suolo e salvaguardia spazi costieri. Le rocce come risorse economiche: giacimenti ed attività estrattiva. Le risorse energetiche ed il confinamento delle scorie. Cenni di procedure V.I.A. e B.I.A.

Testi consigliati

F. PRESS, R. SIEVER, *Introduzione alle Scienze della Terra*, Edizione italiana a cura di E. Lupia Plamieri e M. Marotto, Zanichelli, 1985.

G. CREMONINI, *Introduzione alle Scienze della Terra*, Pitagora, 1979.

P. CASATI, *Scienze della Terra*, CLUED, 1985.

P.L. ROSSI, G. GABBIANELLI, *Appunti delle Lezioni di Geologia e Litologia* (in preparazione).

J.G. WEIHAUPT, *Exploration of the Oceans*, Macmillan Publishing Co., Inc., 1979.

METODI E TECNICHE DI DISINQUINAMENTO

Docente: Carlo Stramigioli

Tipo: 80 ore di lezione, 2° semestre, 4° o 5° anno

Scopo del corso: Presentare i principi di funzionamento e le caratteristiche dei principali processi per la depurazione di correnti gassose e liquide e per il trattamento di rifiuti solidi. Fornire elementi per lo studio quantitativo dei principali apparati per la depurazione.

Contenuto del corso: Bilanci di materia ed energia per sistemi aperti. Bilancio di energia meccanica: movimentazione di fluidi, pompe e compressori. Equilibri liquido vapore: condensazione e assorbimento. Reattori chimici e biochimici: fase perfettamente miscelata, corrente monodimensionale. Scambi all'interfaccia di materia e calore (es. aerazione di un bacino, scambio termico). Depurazione di correnti gassose da particolato e vapori: cicloni, filtri a tessuto, elettrofiltri, scrubber, colonne di assorbimento, incenerimento di COV. Depurazione di correnti liquide: processi chimici e biologici aerobici e anaerobici (processo a fanghi attivi, produzione di biogas). Trattamento di rifiuti solidi: riciclaggio, discariche controllate, incenerimento e relativo trattamento di emissioni inquinanti. Fattori di emissione. Cenni sulla depurazione di corpi idrici superficiali e di terreni.

Testi consigliati

Dispense del docente

Su singoli argomenti possono essere consultati:

C.D. COOPER e F.C. ALLEY, *Air Pollution Control: a design approach*, PWS Engineering, Boston.

METCALF & EDDY inc., *Wastwater Engineering: treatment, disposal and reuse*, McGraw - Hill.

L. MASOTTI, *Depurazione delle acque: tecniche e impianti per il trattamento delle acque di rifiuto*, Calderini, Bologna.

Incenerimento di RSU e recupero di energia, a cura di E. de Fraja Frangipane e M. Giugliano, C.I.P.A., Milano.

METODI PROBABILISTICI E PROCESSI STOCASTICI

Docente: Enrico Bernardi

Contenuto del corso: Il corso si compone di 2 parti:

- Probabilità discreta: spazio degli eventi, probabilità discreta, -algebre, variabili stocastiche, varianza, covarianza. Alcuni risultati: la rovina del giocatore, teorema del limite centrale

- Esempi ed applicazioni ad alcuni modelli di ecologia e di dinamica di popolazioni.

Testi consigliati

YAKOV SINAI, *Probability Theory - an elementary course*, Springer, 1991.

V. COMINCIOLI, *Problemi di matematica applicata*, Ambrosiana, 1993.

MICROBIOLOGIA

Docente: Davide Zannoni

Tipo: 90 ore di lezione, attività seminariali e laboratorio, corso estensivo, 4° anno vecchio ordinamento

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire allo studente gli elementi essenziali per la comprensione (strutturale, funzionale e molecolare) dei microrganismi (eubatteri ed archeobatteri) e delle loro interazioni con l'ecosistema. Nota: I due corsi prevedono una parte comune e una parte speciale su argomenti di ecologia microbica e microbiologia ambientale di tipo terrestre e marino. Tuttavia, per una piena comprensione del(i) corso(i) è prevista la padronanza dei concetti propri della Chimica Biologica, Fisiologia Vegetale e della Genetica.

Contenuto del corso:

A) Parte comune. La cellula batterica: Eubatteri e Archeobatteri (struttura, flagelli, endospora, organelli speciali). Diversità metabolica: Fermentazioni. Respirazione aerobia e anaerobia. Fototrofia ossigenica e anossigenica. Chemiolitotrofia. Fissazione dell'azoto molecolare. Biologia molecolare e genetica: Organizzazione del genoma e replicazione del DNA. Trascrizione (mRNA). Traduzione (ribosoma, rRNA, tRNA). Regolazione dell'espressione genica. Ricombinazione genica. Trasformazione. Trasduzione. Plasmidi. Sequenziamento e clonaggio. I virus e i batteriofagi. Crescita dei microrganismi: Nutrizione. Colture batch, continue e chemostato. Effetti ambientali sulla crescita. Ecologia microbica: Arricchimento e isolamento dei microrganismi dall'ambiente. Misure attività microbica in situ. Identificazione e monitoraggio microrganismi nell'ambiente. Alcuni cicli biogeochimici: N,C,S,Fe,Hg.

B) Parte speciale indirizzo Terrestre. Depurazione delle acque. Interazione piante/microrganismi (licheni, micorrize, *Agrobacterium*, *Rhizobium*, *Frankia*). Diversità microbica (metanogeni, acetogeni, anaerobi solfato/solfuri riducenti, anaerobi fermentanti e fototrofi, litotrofi ossidanti ferro e solfuri, metanotrofi e metilotrofi, azotofissatori asimbionti, pseudomonadi).

C) Parte speciale indirizzo Marino. Degradazione sostanze xenobiotiche. Batteri barotolleranti e barofili. Batteri sorgenti idrotermali (fumarole nere). Batteri alofili e termoeustremofili. Ciclo del C in ambiente oceanico. Metano e metanogenesi.

Testi consigliati

BROCK et al., *Microbiologia (I e II parte)*, Città Studi Edizioni, Milano.

SCHLEGEL, *Microbiologia*, Zanichelli, Bologna.

DALE, *Molecular genetics of bacteria*, John Wiley & Sons.

MICROBIOLOGIA MARINA

Docente: Davide Zannoni

Contenuto del corso:

Eubatteri

- La cellula procariote (membrana, parete, flagelli e mobilità, chemiotassi, strutture di superficie ed inclusioni, vescicole, endospore).
- Nutrizione, Metabolismo e Biosintesi (energia, ossidoriduzioni, trasportatori di elettroni, processi fermentativi, processi respiratori, processi fotosintetici, nutrizione, colture di laboratorio, procedure di isolamento di microorganismi dall'ambiente).
- Crescita e suo controllo (misure di crescita, colture continue, effetti ambientali sulla crescita, sterilizzazione).
- Differenze metaboliche tra i microorganismi (fotosintesi e meccanismi fotosintetici, fotosintesi ossigenica ed anossigenica, autotrofia e litotrofia, ossidazione di idrogeno e di ferro, batteri sulfurei, ossidazione di ammonio e nitrito, respirazione anaerobia, riduzione di solfati e nitrati, metabolismo dell'azoto).
- Ecologia microbica (identificazione di microorganismi in natura, misure di attività microbica in natura, ambiente marino - batteri alofili, alotolleranti, psicrofili, termofili e barofili -, cicli biogeochimici dell'azoto, carbonio, zolfo, ferro, tracce di metalli e mercurio, metano, biodegradazione di sostanze xenobiotiche).
- Diversità batterica (Metanogeni, Acetogeni, Anaerobi riducenti solfati e solfuri, Anaerobi fermentativi e fototrofi, Litotrofi ossidanti ferro e solfuri, Metanotrofi e Metilotrofi, Azotofissatori asimbiotici, Pseudomonadi).

Archebatteri

- Membrane, parete, metabolismo, metanogeni, alofili, termo-estremofili, Thermoplasma.

Testi consigliati

T. D. BROCK and M.T. MADIGAN, *Biology of Microorganisms*, Sixth Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

OCEANOGRAFIA BIOLOGICA**Docente: Gabriella Piccinetti Manfrin****Tipo:** 80 ore di lezione, annuale, 3° anno**Esame:** orale

Scopo del corso: Dare gli elementi di base per conoscere la componente biotica e comprendere le complesse interrelazioni fra componente abiotica e biotica nell'ambiente marino.

Contenuto del corso: Evoluzione storica delle conoscenze in oceanografia biologica. Sviluppo delle tecnologie dell'esplorazione biologica. L'ambiente marino e le interrelazioni con la componente biologica: temperatura, salinità, ossigeno, luce, nutrienti, tipi di fondo, pressione, fattori idrodinamici.

Fito e Zooplankton, Fito e Zoobenthos, Necton: generalità, classificazione, metodi di campionamento e di studio. Ciclo biologico delle principali specie. Organismi marini quali indicatori ambientali. Considerazioni generali sulla pesca: effetti ambientali.

Considerazioni generali sulla maricoltura.

Testi consigliati

G. COGNETTI, M. SARÀ, *Biologia marina*, Calderini, Bologna 1974, 439 pp.

E. CHIRARDELLI, *La vita nelle acque*, UTET, Torino 1981, 610 pp.

P. MALDURA, *Oceanografia Biologica*, Bulzoni, Roma 1971, 225 pp.

J.M. PERES, *Elementi di biologia oceanografica*, Ed. ERMES, Milano 1981, 217 pp.

G. THORSON, *Biologia del mare*, Zanichelli, Bologna 1974, 260 pp.

OCEANOGRAFIA CHIMICA**Docente: Daniele Fabbri****Tipo:** 80 ore di lezione, annuale.**Esame:** Orale

Scopo del corso: fornire gli elementi cognitivi per descrivere ed interpretare la distribuzione e la reattività di una specie chimica nell'ambiente marino.

Contenuto del corso

L'acqua di mare: composizione, equilibri chimici, attività e concentrazione. *I costituenti maggiori:* composizione relativa, proprietà conservative, interazioni ioniche. *Apporti e rimozione:* weathering, aerosol atmosferico, idrotermalismo. *Oceanografia descrittiva:* salinità, temperatura, densità e circolazione oceanica. Processi di trasporto. *I gas disciolti:* solubilità e anomalie di saturazione, flussi atmosfera/oceano. Ossigeno e potenziali redox. *Il sistema dei carbonati:* analisi e distribuzione di carbonio inorganico,

pH, alcalinità, CO₂, AOU. *La sostanza organica*: composizione, distribuzione, rapporti di Redfield, produttività primaria. *Il materiale solido*: composizione e distribuzione. Adsorbimento e scambio ionico. Sedimenti e diagenesi. *I nutrienti*: analisi, segregazione orizzontale e verticale. *Gli elementi in tracce*: classificazione e distribuzione. Interazione con il biota. Speciazione. *I traccianti*.

Testi consigliati

F. J. MILLERO, *Chemical Oceanography*, CRC Press, 1996.

S.M. LIBES, *An introduction to marine biogeochemistry*. Wiley, 1991

OCEANOGRAFIA E METEOROLOGIA

Docente: Franco Mattioli

Tipo: corso annuale con 70 ore di lezioni e 25 ore di esercitazioni

Scopo del corso: Si fornisce una panoramica generale dei principali fenomeni meteo-oceanografici attraverso la presentazione di modelli analitici elementari. Il corso prevede la trattazione quanto più unitaria possibile dei vari fenomeni che avvengono in atmosfera e oceano. Le due sfere hanno infatti una forte interazione meccanica e termodinamica fra di loro e sono caratterizzate da equilibri dinamici analoghi, almeno sulle scale di moto maggiori.

Contenuto del corso: Nozioni elementari di matematica per lo studio dei fenomeni geofisici. Equazioni del moto. Analisi qualitativa dei fenomeni radiativi in atmosfera e oceano. Stratificazione e stabilità statica. I vari tipi di moto ondoso (onde capillari, di gravità, giroscopiche, mareali, planetarie e le corrispondenti versioni di onda interna per fluido stratificato). Equilibri dinamici stazionari fondamentali (equilibrio geostrofico, relazione di vento termico, moti ciclonici e anticiclonici). Moti su scala sinottica e previsione meteorologica. Circolazione generale dell'atmosfera. Circolazione superficiale degli oceani. Circolazione termoalina. Circolazioni locali in stretti e mari interni.

Testi consigliati

F. MATTIOLI, *Principi Fisici di Oceanografia e Meteorologia*. Seconda Edizione.

J.M. WALLACE & P. HOBBS, *Atmosphere Science*. Capp. 2-8-9.

F.K. LUTGENS & E.J. TARBUCK, *The Atmosphere*. Capp. 1-2-3-4-6-8-10.

S. POND & G.L. PICKARD, *Introduction to Dynamical Oceanography*, Capp. 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-12-13.

R.G. DEAN & R.A. DALRYMPLE, *Water wave mechanics for engineers and scientists*, Capp. 1-2-3-4-5-7-10-11.

PIANIFICAZIONE ED ASSETTO DEL TERRITORIO**Docente: Letizia Gelli****PLANCTOLOGIA****Docente: Rossella Pistocchi, Gabriella Manfrin****Tipo:** 80 ore di lezione, 2° semestre, 4° o 5° anno**Esame:** orale

Scopo del corso: Dare le conoscenze di base sui principali aspetti riguardanti il plancton a livello morfologico, ecologico e fisiologico. Permettere allo studente di comprendere le risposte fisiologiche del fitoplancton al normale variare delle condizioni ambientali e conoscere gli adattamenti che vengono messi in atto al verificarsi di situazioni estreme. Illustrare le principali metodiche di studio del fitoplancton e le problematiche relative all'ambiente. Il corso prevede un modulo che mette in grado lo studente di riconoscere i principali gruppi zooplanctonici mediante l'aiuto di chiavi dicotomiche.

Contenuto del corso: Suddivisione del plancton in base alle dimensioni, alle caratteristiche nutrizionali e biologiche, suddivisione verticale. Adattamenti al galleggiamento. Caratteristiche morfologiche delle principali classi del fitoplancton. Organismi costituenti il picoplancton, la sua distribuzione ed ecofisiologia, il ruolo nell'ecosistema pelagico. La fotosintesi nell'ambiente pelagico: attenuazione della luce in acqua - effetto dell'intensità luminosa sulla fotosintesi; adattamenti alle variazioni di luminosità. L'ambiente chimico: i nutrienti, i loro cicli, le variazioni quantitative e stagionali; cinetiche di assorbimento dei nutrienti; concetto di nutriente limitante; crescita in limitazione da nutrienti; rapporto Redfield. Nutrizione eterotrofa. Effetto della temperatura e della salinità sulla crescita del fitoplancton; principali adattamenti ai valori estremi. Ritmi circadiani. Distribuzione verticale e orizzontale; fluttuazioni stagionali; successione di popolazioni. Le fioriture non stagionali. La produzione di mucillagini. Il fitoplancton tossico. Effetto di agenti inquinanti sul plancton. Metodi di stima della biomassa fitoplanctonica. La produzione primaria e i metodi di misura. Descrizione dei principali gruppi zooplanctonici. Osservazione al microscopio di campioni di plancton.

Testi consigliatiE. GHIRARDELLI, *La vita nelle acque*, UTET, Torino.P. BOUGIS, *Ecologie du plancton marin*, Voll. 1 e 11, Masson et Cie, Paris.G. TREGOUBOFF, M. ROSE, *Manuel de planctonologie méditerranéenne*, Voll. 1 e 2, Ed. Centre Nat. Rech. Scient., Paris.

POLITICA ECONOMICA DELL'AMBIENTE**Docente: Pier Luigi Sacco****PRINCIPI DI VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE****Docente: Luigi Bruzzi****Tipo:** 80 ore di lezione, 15 ore di esercitazioni, corso estensivo, 5° anno**Esame:** orale, integrato con esercizi scritti

Scopo del corso: Fornire le conoscenze di base sulle principali cause di impatto ambientale, sulle metodologie basate sul principio della prevenzione dell'impatto ambientale (procedure di VIA, analisi del ciclo di vita dei prodotti, ecogestione), sui metodi e processi di mitigazione degli impatti ambientali, sulle tecnologie di rimedio dei danni ambientali e sulle procedure e tecniche per effettuare la valutazione degli impatti.

Contenuto del corso: Processi di combustione: sistemi fissi e mobili; inquinanti prodotti nella combustione: effetti sanitari ed ambientali; trattamento di acque reflue urbane ed industriali; gestione e smaltimento dei rifiuti; processi di bonifica ambientale (biorisanamento).

Elementi di tossicologia; standard di qualità ambientale; inquinanti atmosferici e modelli per lo studio della loro dispersione; inquinamento acustico; inquinamento radioattivo. Analisi di rischio; rischio industriale; percezione ed accettabilità del rischio; comunicazione del rischio.

Risorse naturali e loro conservazione; risorse energetiche e loro conservazione; rischi dei sistemi energetici. Procedure di VIA: aspetti tecnici e normativi; guida alla preparazione di una procedura di VIA; ecogestione ed ecolabel.

La trattazione teorica viene integrata con numerosi seminari specialistici su temi applicativi tipici delle professioni ambientali.

Testi consigliati

L. BRUZZI, *Prevenzione e controllo dell'impatto ambientale*, CLUEB, 1996.

P.A. VESILIND, J.J. PEIRCE, R.F. WEINER, edizione italiana a cura di Luigi Bruzzi, *Ingegneria ambientale*, CLUEB, 1997.

J. G. HENRY, G.W. HEINKE, *Environmental Science and Engineering*, Prentice Hill, 1989.

PROTEZIONE DELL'AMBIENTE MARINO

Docente: Guido Galletti

Tipo: 85 ore di lezione, 2° semestre

Esame: orale.

Scopo del corso: Fornire una conoscenza sulle procedure per la valutazione dei rischi ambientali associati alla contaminazione dei sedimenti e sulle tecniche di decontaminazione.

Contenuto del corso: Grado di contaminazione. Classificazione di sedimenti contaminati (AET, Triad, Equilibrium Partitioning, Toxicity Tests). Significanza della contaminazione. Mobilizzazione e risospensione. Valutazione e selezione delle tecniche di bonifica. Esempi.

Testi consigliati

Contaminated Marine Sediments - Assessment and Remediation. Committee on Contaminated Marine Sediments. Marine Board. Commission on Engineering and Technical Systems. National Research Council, 1989, National Academy Press, Washington D.C. (USA).

RADIOATTIVITÀ

Docente: Andrea Contin

Tipo: 80 ore di lezione, corso estensivo, 4 o 5 anno.

Esame: orale

Scopo del corso: fornire le conoscenze di base sui fenomeni radioattivi e le reazioni nucleari dal punto di vista fisico. Illustrarne gli utilizzi, le interazioni con la materia vivente e non vivente, ed eventuale impatto ambientale

Contenuto del corso

Il modello standard delle particelle elementari: costituenti dell'atomo; elementi di meccanica quantistica; struttura del nucleo e dell'atomo; modelli nucleari. Decadimenti radioattivi; radioattività naturale; reazioni nucleari; reazioni di fusione e fissione. Interazione della radiazione con la materia; rilevatori di particelle; dosimetria; effetti biologici della radiazione. Principi di radioprotezione. Radioattività artificiale; introduzione agli acceleratori di particelle e loro uso; produzione ed uso di radionuclidi artificiali. Reattori nucleari per la produzione di energia (fusione e fissione). Datazione mediante radionuclidi. Smaltimento delle scorie radioattive; sicurezza dei reattori nucleari; inquinamento radioattivo da fonti naturali e artificiali. Radiazioni non ionizzanti e loro effetti.

Testi consigliati

E. SEGRÉ, *Nuclei e particelle*, Zanichelli, Bologna.

M. PELLICIONI, *Fondamenti fisici della radioprotezione*, Pitagora Editore, Bologna.

M.A. GEYH, H. SCHLEICHER, *Absolute age determination*, Springer Verlag, Berlin

Materiale didattico è distribuito in corso d'anno.

REGIME E PROTEZIONE DEI LITORALI

Docente: Alberto Lamberti

Scopo del corso: Fornire i fondamenti per valutare la fattibilità tecnica e l'efficacia di interventi a protezione della costa.

Contenuto del corso

L'ambiente costiero. Vento, genesi, ricostruzione e statistiche. Livello del mare, marea astronomica, subsidenza e storm surge. Onde regolari, teoria lineare, dispersione, gruppi d'onda, energia ondosa, rifrazione e diffrazione. Onde irregolari, spettri d'onda, statistica delle altezze e dei periodi. Onde da venti, metodo SMB. Idrodinamica del litorale, radiation stress, wave set-up, correnti litoranee, rip currents. Trasporto dei sedimenti, trasporto longitudinale ed equilibrio trasversale della spiaggia. Modelli di evoluzione della costa monodimensionali.

Generalità sulla protezione. Sistemi di protezione in relazione ai fattori caratterizzanti il sito. Scelta del tempo di vita dell'opera e delle sollecitazioni di progetto.

Opere a gettata Tipologia elementi e funzioni. Costruzione. Stabilità idraulica della mantellata. Perdita dei fini. Risalita, tracimazione e funzionalità.

Opere di protezione. Pennelli, dimensioni caratteristiche ed effetti sulla spiaggia. Difese parallele radenti o foranee, emese e sommerse, dimensioni caratteristiche ed effetti.

Ripascimenti. Modalità realizzative. Sedimenti impiegati, volumi iniziali e di reintegro. Dispersione dei sedimenti, efficacia nel tempo dell'intervento, opere sussidiarie di contenimento.

SEDIMENTOLOGIA

Docente: Rossella Capozzi

Contenuto del corso:

Parte prima: Introduzione e scopi del corso. Materiali, tessiture e strutture dei sedimenti. Cenni di diagenesi e formazione delle rocce sedimentarie.

Parte seconda: Processi sedimentari: Processi meccanici (trattivi o selettivi; trasporti in massa); Processi chimici (precipitazione, autigenesi), Processi biogenici.

Parte terza: Dinamica e chimica del mare in rapporto alla sedimentazione. Fisiografia degli ambienti sedimentari marini. Ambienti transizionali, costieri, di mare basso e di piattaforma continentale: sedimentazione meccanica, ambienti transizionali, costieri e di mare basso (spiagge, estuari, lagune, piane tidali, delta), ambienti di piattaforma continentale. Sedimentazione chimica e biogenica: sedimenti ed ambienti carbonatici (piattaforme carbonatiche), sedimenti organici, sedimenti chimici (evaporatici, ferriferi, fosfatici, ecc.). Ambienti di scarpata continentale. Ambienti di piana abissale e di fossa: Sedimentazione meccanica, sedimentazione biogenica, sedimentazione chimica ed autigenesi.

Parte quarta: Sedimenti dei mari del Mediterraneo (esempi). Elementi base di stratigrafia del sedimentario, ambienti sedimentari attuali e del passato, variazioni del livello marino registrate nella sedimentazione, elementi di paleoceanografia, ecc.

Il corso comprenderà inoltre seminari su argomenti specifici, esercitazioni in aula e in campagna.

Testi consigliati

A. BOSELLINI, *Introduzione allo studio delle rocce carbonatiche*, Italo Bovolenta Ed., Ferrara 1991 (soprattutto parte seconda).

A. BOSELLINI, E. MUTTI, F. RICCI LUCCHI, *Rocce e successioni sedimentarie*, UTET, Torino 1989 (soprattutto capp. 2-3, 6-11).

OPEN UNIVERSITY OCEANOGRAPHY COURSE TEAM, *Waves, tides and shallow-water processes*, Pergamon Press, Oxford 1989 (soprattutto capp. 3-8).

OPEN UNIVERSITY OCEANOGRAPHY COURSE TEAM, *Ocean chemistry and deep-sea sediments*, Pergamon Press, Oxford 1989 (soprattutto capp. 3-5).

F. RICCI LUCCHI, *Sedimentologia* (3 Voll.), Coop. Libreria Universitaria, Bologna, 1978 (soprattutto Vol. 1).

SISTEMATICA DEGLI ORGANISMI VEGETALI MARINI

Docente: Laurita Boni

Tipo: 65 ore di lezione e 20 di esercitazione, estensivo, IV o V anno

Esame: orale

Scopo del corso: Dare le basi utili per lo studio dei vegetali marini dal punto di vista biologico, ecologico e sistematico. Fornire allo studente gli strumenti necessari per comprendere il ruolo che i vegetali svolgono nell'ambiente marino. Mettere quindi lo studente in grado di affrontare lo studio di fenomeni strettamente collegati con i vegetali marini quali fioriture algali, maree colorate, produzione di polisaccaridi e di tossine.

Contenuto del corso: PROCARIOTI: Bacteriophyta e Cyanophyta: morfologia, struttura cellulare, pigmenti e fotosintesi, fissazione dell'azoto, riproduzione, sistematica, ecologia, rilevanza economica. EUCARIOTI - Le alghe- struttura cellulare: membrane e

pareti, flagelli e strutture connesse, cloroplasto e pirenoide, macchia oculare, organuli estroflessibili, inclusioni cellulari, nucleo e divisione nucleare, divisione cellulare. Sistematica delle alghe: criteri generali. Di ciascun gruppo tassonomico si daranno le conoscenze particolari rispetto a morfologia, biologia, ecologia e rilevanza economica. Mycophyta: cenni sulle caratteristiche strutturali dei funghi e sull'importanza ecologica dei funghi ambientali marini. Spermatophyta: citologia, istologia, anatomia e modalità di riproduzione, sistema di classificazione. Cenni sulle principali famiglie distribuite negli ambienti salati e, in mare, in particolare la fam. Zosteraceae (Posidonia). Fisiologia vegetale: gli argomenti saranno trattati con particolare riguardo all'ambiente marino: conversione dell'energia, respirazione, fotosintesi e fotorespirazione, metabolismo dell'azoto, polimeri e prodotti del metabolismo secondario, nutrizione minerale, assorbimento e trasporto di acqua, equilibrio dei carbonati ed alghe calcaree, simbiosi e parassitismo, fattori ambientali e distribuzione dei vegetali.

Testi consigliati

R.E. LEE (1992), *Phycology*, Cambridge University Press.

In mancanza di testi gli studenti studiano su appunti e possono consultare testi di Botanica, di Fisiologia Vegetale e di Algologia presso il docente o presso la biblioteca di Scienze Ambientali.

SISTEMATICA VEGETALE

Docente: Carlo Ferrari

Tipo: 90 ore di lezione ed esercitazioni, 2° semestre, complementare del triennio di applicazione, indirizzo terrestre

Esame: orale

Scopo del corso: Il corso intende fornire le informazioni di base sulla diversità dei vegetali, sulle loro similitudini e differenze morfo-funzionali e sui criteri usati per classificare e ordinare tale diversità. Come applicazione vengono svolte alcune esercitazioni pratiche sull'uso di chiavi analitiche per l'identificazione di famiglie, generi e specie delle piante a seme (Spermatofite).

Contenuto del corso: I vegetali: parametri per una loro definizione. La tassonomia e le sue categorie. Modalità di riproduzione. I cicli metagenetici. Processi di speciazione: speciazione allopatrica e simpatica. Variabilità intraspecifica ed ambiente: ecotipi e clini. Razze geografiche. *Eucarioti*: livelli di organizzazione. Cenni sulla morfologia e sui cicli metagenetici delle Alghe. *Funghi*: livelli di organizzazione e cicli metagenetici. Oomycetes, Zygomycetes, Ascomycetes, Basidiomycetes. *Licheni*. *Bryophyta*: cenni su morfologia e anatomia di epatiche, sfagni e muschi. I cicli metagenetici. *Le piante vascolari*: caratteri anatomici e morfologici. Origini e linee evolutive principali. *Pteridophyta*: Lycopodiatae, Equisetatae, Filicatae. *Spermatophyta*: l'ovulo e il seme.

Gimnosperme: generalità. *Coniferophytina*: Ginkgoatae, Pinatae (Pinaceae, Cupressaceae, Taxaceae). *Cycadophytina*: Cycadatae. I cicli metagenetici. Angiosperme (*Magnoliophytina*). Il fiore. Perianzio, androceo e gineceo: la loro evoluzione. Il ciclo metagenetico delle Angiosperme. Fiori ermafroditi e unisessuali. Tipi di impollinazione. Le infiorescenze. I frutti. Alcune famiglie in dettaglio: Magnoliaceae, Ranunculaceae, Fagaceae, Rosaceae, Fabaceae, Apiaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Solanaceae, Lamiaceae, Cichoriaceae, Asteraceae, *Liliaceae*, *Orchidaceae*, Poaceae

Testi consigliati

STRASBURGER E., *Trattato di Botanica*, parte sistematica, Delfino, Roma.

SPERANZA M. & CALZONI G.L., *Struttura delle piante in immagini*, Zanichelli, Bologna.

FERRARI C., *Argomenti di Botanica sistematica*, Esculapio, Bologna.

STRATIGRAFIA MARINA

Docente: Enzo Farabegoli

Contenuto del corso:

Parte I: Introduzione al corso: definizione, fini, metodi, strumenti e limiti. Unità litostratigrafiche tradizionali: strato, strato guida, orizzonte guida set di strati (litofacies, a sign.to laterale prev.) formazione, membro, lente, lingua,...; gruppo, supergruppo, complesso; contenitori: bacini, tasso di sedimentazione e tasso di subsidenza.

Esercizi:

ricostruzione della colonna litostratigrafica di carte Geol. 1:10.000;

Unità biostratigrafiche: i fossili nei sedimenti come indicatori litologici e temporali; biozone (comparsa, scomparsa, assemblage,...), phila e correlabilità; Unità cronostatigrafiche: EON, ere, periodo, epoca, età, crono; EON, eratema, Sistema, Serie, piano,... cronozona;

Stratigrafia per eventi: Unità geoclimatiche; concetti di ciclostratigrafia, sequenze; cicli di breve e di lungo periodo;

Unità chimico-fisiche: zone magnetiche; isotopiche varie: $\delta^{13}C$, $\delta^{18}O$; raggi γ

Unità antropiche (culturali).

Illustrazione dello schema riassuntivo (tabella) stratigrafico generale.

Esercizi: ricostruzione della colonna litostratigrafica su carte 1:10.000 contenenti frammenti di bacini traslati.

Parte II: Stratigrafia del Quaternario: le sezioni (carote) classiche dell'Atlantico e del Pacifico; eventi climatici e biologici; cronostatigrafia quaternaria, limiti di confidenza e limiti di applicabilità.

Parte III: Stratigrafia e geologia quaternarie-oloceniche mediterranee con particolare riferimento al versante adriatico-padano.

TEORIA E APPLICAZIONE DELLE MACCHINE CALCOLATRICI**Docente: Alessandro Amoroso.****Tipo:** 50 ore di lezione, una unità didattica, terzo anno.**Esame:** scritto e orale.

Scopo del Corso: presentare i sistemi distribuiti: concetti fondamentali e meccanismi; analizzare algoritmi per la risoluzione di problematiche tipiche dei sistemi distribuiti; studiare l'uso di sistemi distribuiti per la costruzione di sistemi tolleranti ai guasti.

Contenuto del corso: caratteristiche dei sistemi distribuiti; sistemi sincroni, asincroni, time aware; modelli di computazioni distribuite, misure di complessità; esecuzioni distribuite, eventi, messaggi, stati locali e globali; causalità e consistenza; orologi logici; snapshot distribuiti; proprietà globali e stabili; mutua esclusione; tolleranza ai guasti, modelli di guasto; broadcast affidabile, algoritmi e loro complessità; consenso distribuito e sua impossibilità in sistemi asincroni; checkpointing distribuito e rollback recovery; state machine; primary-backup; message logging; failure detector per sistemi asincroni; sincronizzazione tollerante ai guasti di orologi; database distribuiti, atomic commit; protocolli di commit a due e tre fasi.

Testi consigliati

S. MULLENDER, S. (ED.), *Distributed Systems (second edition)*. Addison-Wesley, 1993, ISBN:0-201-62427-3

H. ATTIYA, J. WELCH, *Distributed Computing, Fundamentals Simulations and Advanced Topics*, McGraw Hill, 1998, ISBN:0-07-709352-6

TOSSICOLOGIA E CONTROLLO DEGLI INQUINANTI**Docente: Sandro Grilli**

Tipo: 84 ore di lezione, attività pratica e seminari, conferenze, work- shop
Complementare del 4° anno, indirizzo terrestre, sviluppato nell'arco dell'intero
a.a.

Esame: orale

Scopo del corso: Il corso mira a fornire agli studenti: a) adeguate conoscenze di base per l'approccio scientifico alla valutazione degli effetti tossici generali e speciali causati da vari fattori, con particolare riferimento alla protezione della salute dell'uomo e al rischio cancerogeno; b) adeguate conoscenze e capacità sulle principali metodologie utilizzate per il controllo degli inquinanti presenti in varie matrici e sulle connesse problematiche, anche normative, di gestione e di accettabilità delle esposizioni in rapporto all'entità dei rischi.

Contenuto del corso:*A) Tossicologia.*

La tossicologia generale. Soglia di non effetto. Pericolosità, classificazioni ed etichettature, rischi, accettabilità di esposizioni a singoli composti o a miscele complesse. Vaglio preventivo delle nuove molecole in riferimento alle normative internazionali/nazionali. Tossicologia speciale: effetti antifertilità, effetti sullo sviluppo; mutagenesi (genotossicità): cancerogenesi (i cancerogeni per l'uomo, i modelli per lo studio della cancerogenicità, epidemiologia, saggi a lungo termine nei roditori, saggi a medio termine in vivo e in vitro, metodi Structure-activity relationship (SAR), la potenza cancerogena, stima del rischio cancerogeno con esemplificazioni: diclorometano; radiazioni ionizzanti, UV e non ionizzanti (NIR-ELF); inquinamento atmosferico urbano; benzine verdi e rischio di tumore per l'uomo; diossine; bifenili policlorurati (PCB); fibre inorganiche sostitutive dell'amianto e formaldeide nell'ambiente di lavoro; acque destinate al consumo umano con particolare riferimento alla contaminazione da composti organoclorurati; pesticidi con l'esempio della frutta «avvelenata» da indebita contaminazione con 1,2-dibrometano; problemi sanitari connessi alle discariche per rifiuti).

B) Controllo degli inquinanti e modellistiche.

Modelli di trasporto degli inquinanti; modelli matematici per il calcolo dell'unità di rischio cancerogeno del diclorometano; contributo del Laboratorio di Farmacologia e Tossicologia all'identificazione e controllo di agenti tossici; riferimenti normativi; metodologia immunochimica e radioimmunochimica applicata alla determinazione degli inquinanti; contributo dell'ARPA al controllo degli inquinanti ambientali; riferimenti normativi; metodologie analitiche utilizzate per il dosaggio di tossici/inquinanti chimici (spettrometria al plasma, GC-MS ecc.); elementi di base per la rilevazione pratica di microorganismi patogeni esemplificativi della contaminazione di substrati ambientali; inquadramento degli argomenti successivamente affrontati nelle otto esercitazioni pratiche.

Testi consigliati

Non esiste un libro di testo specifico per il corso. Pertanto verranno utilizzate fotocopie dei lucidi illustrati dai docenti, le schede delle esercitazioni predisposte dai docenti e, inoltre, le fotocopie di alcuni lavori scientifici, capitoli di volumi, schede tossicologiche e i criteri-guida della Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale. Questo materiale è a disposizione presso la Biblioteca di Ravenna e presso la sede dell'ITAS.

Note per lo studente: Il Corso è organizzato in didattica formale, esercitazioni pratiche guidate in laboratorio e di autoapprendimento, seminari. Si avvale della collaborazione dei Dott. Willam Vandini, direttore ARPA-Ravenna e Cesare Baccini, direttore Laboratorio di Farmacologia e Tossicologia dell'Ospedale di Ravenna, professori a contratto convenzionati, specialmente per la parte di esercitazioni pratiche di laboratorio. Per gli aspetti di calcolo matematico dell'unità di rischio cancerogeno collabora anche il Dott. Alessandro Amoroso, ricercatore presso la sede di Ravenna.

TUTELA DEI PARCHI E DELLE RISORSE NATURALI**Docente:** Carlo Ferrari**Tipo:** 90 ore di lezione, 2° semestre, complementare del triennio di applicazione, indirizzo terrestre**Esame:** orale

Scopo del corso: Il corso intende fornire un quadro delle conoscenze oggi disponibili per la conservazione e la gestione della diversità biologica, dal livello delle popolazioni a quello dei sistemi ambientali a scala territoriale. Lo scopo è quello di dotare lo studente degli strumenti teorici utili per strategie di gestione della natura nei suoi diversi livelli di complessità strutturale, tenendo conto dei caratteri propri di ogni livello e delle connessioni tra i diversi livelli.

Contenuto del corso: I livelli di organizzazione della biosfera. Scale spazio-temporali. Diversità genetica, diversità specifica e diversità ambientale. Ridondanza. La conservazione delle specie: le «liste rosse» dell'U.I.C.N.; la distribuzione geografica delle specie e le cause della rarità; la diversità genetica nelle specie rare; il fenomeno dell'estinzione; le reintroduzioni. La conservazione e la gestione degli ecosistemi: gradi di naturalità; diversità specifica e resilienza. Disturbo e stress; gli ecotoni. Analisi delle successioni: evoluzione della diversità specifica; turnover; fugacità. La conservazione e la gestione dei sistemi ambientali: il concetto di paesaggio nelle scienze ambientali; struttura ed organizzazione del paesaggio (patches, matrice, porosità); sua analisi quantitativa. La teoria della percolazione. I sistemi source-sink. Progettazione e gestione delle aree di conservazione. Tipi di aree protette. Il valore economico della conservazione.

Testi consigliati

Non esiste un manuale che riunisca tutti gli argomenti del corso. Si consiglia la frequenza e la stesura di appunti. Per alcuni argomenti (indicati di seguito) sono consigliati i seguenti manuali:

A. FARINA, *L'ecologia dei sistemi ambientali*, CLEUP, Padova (conservazione e gestione dei sistemi ambientali).

S. PIGNATTI, *Ecologia del paesaggio*, UTET, Torino (per alcune parti del programma attinenti il paesaggio e le specie vegetali).

**Corso di Laurea
in
SCIENZE BIOLOGICHE**

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE BIOLOGICHE

Introduzione

Nel corso di laurea di Scienze Biologiche vengono esposte e trattate le problematiche inerenti il mondo biologico dal livello molecolare al cellulare, dal livello dell'organismo a quello popolazionistico; dai microrganismi ai vegetali, agli animali, all'uomo.

Il laureato può trovare la sua collocazione nel mondo dell'insegnamento, dell'industria, della ricerca, nell'ambito ospedaliero, come biologo analista, nelle organizzazioni preposte alla protezione e salvaguardia dell'ambiente. Il laureato in Scienze Biologiche, previo tirocinio e superamento del relativo esame di Stato, può iscriversi all'albo professionale che consente di svolgere autonomamente le attività fissate dalla legge istitutiva dell'Ordine dei Biologi.

Negli ultimi anni il grande numero di laureati in Scienze Biologiche ha saturato molte possibilità d'impiego per i neolaureati e tale situazione potrebbe permanere ancora per alcuni anni.

ASPETTI GENERALI DEL CORSO DI LAUREA IN SCIENZE BIOLOGICHE: ASPETTI COMUNI AI PRECEDENTI ORDINAMENTI; OPZIONI ALL'ORDINAMENTO RIFORMATO

ASPETTI GENERALI DEL CORSO DI LAUREA

Il corso di laurea in Scienze Biologiche ha la durata di cinque anni ed è suddiviso in un triennio propedeutico ed un biennio di applicazione articolato per indirizzi. Nella Università di Bologna gli indirizzi sono quattro, sotto elencati.

Gli esami del triennio sono diciannove, gli esami del biennio d'indirizzo sono non meno di sette. Gli insegnamenti sono organizzati in cicli semestrali e gli esami sono almeno due per ciascuna delle tre sessioni. Gli studenti al II e III anno devono inoltre seguire i due Laboratori di biologia sperimentale, nei quali è elemento preminente l'attiva partecipazione degli studenti agli esperimenti; ciascuno di questi Laboratori è seguito da un colloquio finale con giudizio di merito (che non influisce sulla media). Nel triennio propedeutico lo studente deve inoltre superare una prova di conoscenza della lingua inglese.

È obbligatoria la tesi di laurea sperimentale, che comporta la frequenza di un anno **in** un laboratorio e deve portare un contributo originale. L'elenco degli internati di laurea viene reso noto con apposito opuscolo.

Per essere ammesso all'esame di laurea lo studente deve aver seguito non meno di ventisei corsi e superato i relativi esami, i due colloqui di biologia sperimentale ed il colloquio di lingua inglese. Il diploma di laurea riporta il titolo di laureato in Scienze Biologiche, mentre il relativo certificato, rilasciato al laureato, farà menzione dell'indirizzo seguito.

ATTIVAZIONE DELL'ORDINAMENTO RIFORMATO

Con l'anno accademico 1997-98 è stato attivato il triennio riformato del corso di laurea, e nell'anno accademico 1998-99 il IV anno del corso di laurea riformato (c.r.).

Tutti gli studenti che si iscrivono per la prima volta a Scienze Biologiche sono pertanto tenuti a seguire l'ordinamento riformato, compresi coloro che provengano per trasferimento da altri corsi di laurea o altre Facoltà (o siano già laureati); essi nell'a.a. 1998-99 potranno essere iscritti al massimo al IV anno, a seconda delle frequenze e degli esami sostenuti. Sono possibili su domanda riconoscimenti di esami o frequenze, con delibera del corso di laurea di Scienze Biologiche.

STUDENTI DEI PRECEDENTI ORDINAMENTI

Gli studenti dei precedenti ordinamenti (p.o.) che si iscrivono al III anno di corso possono optare per l'ordinamento riformato (o.r.) oppure continuare nel precedente. Gli studenti che non desiderano o non possono optare per l'o.r. continueranno ad attenersi alle istruzioni (ordine degli studi) per i precedenti ordinamenti.

OPZIONI

Per le opzioni al nuovo ordinamento si tenga presente che in nessun caso lo studente del p.o. può essere retrocesso di anno di corso: l'opzione all'o.r. nell'a.a. 1998-99 pertanto è consentita solo agli iscritti del primo triennio, compresi gli eventuali ripetenti del III anno; Gli studenti del p.o. conservano comunque il diritto di optare per cinque anni dalla entrata in vigore dell'o.r. (cioè fino al 30 settembre 2002).

Ai fini dei riconoscimenti degli esami già sostenuti in Scienze Biologiche, o delle frequenze, gli studenti optanti all'o.r. possono presentare un piano di studi individuale in cui chiedere, ad esempio, il riconoscimento di un esame o della frequenza a un corso che nell'o.r. divenga parte di un corso o esame integrato (ad esempio Laboratorio di fisica, Laboratorio di chimica, Chimica fisica, Metodi matematici e statistici, ecc.), e inoltre l'autorizzazione a sostenere con esame separato il restante modulo del corso integrato. In tal caso lo studente dichiarerà di accettare di sostenere formalmente più esami del triennio di quanti sono previsti dall'ordinamento riformato.

Gli studenti del p.o. che nell'A.A. 1998/99 si iscrivano al III anno dell'o.r. potranno iscriversi al IV anno previo superamento di almeno 8 esami, più i giudizi di Laboratorio di biologia sperimentale e la prova di lingua inglese, entro il mese di ottobre 1999.

STUDENTI ISCRITTI A SCIENZE BIOLOGICHE ALTROVE

Gli studenti provenienti da corsi di laurea in Scienze Biologiche di altre Università vengono iscritti al corrispondente anno di corso del p.o. (o, con opzione, all'o.r.), con i riconoscimenti e le equivalenze previsti o deliberati dal corso di laurea.

GUIDA DELLO STUDENTE

Essa riporta sia il regolamento dell'o.r. (parte B), sia il regolamento degli anni dal III al V dei precedenti ordinamenti (parte C), più l'elenco dei complementari attivati (parte D). Data la novità, è possibile che vi saranno anche aggiustamenti didattici successivi alla pubblicazione della Guida.

PIANO DIDATTICO – ORDINAMENTO RIFORMATO (G.U.N. 266 DEL 14.11.1995)

Come prescritto dalla nuova Tabella XXV, il corso di laurea in Scienze Biologiche ha la durata di cinque anni ed è diviso in un triennio a carattere formativo di base ed in bienni di indirizzo. Ogni corso monodisciplinare (C.M.) è costituito da un'annualità di almeno ottanta ore o da una unità didattica (U.D.) di quaranta ore. Il corso di insegnamento integrato (C.I.) è costituito da unità didattiche coordinate di quaranta ore, per un massimo di tre, impartite da più docenti e con un unico esame finale. Gli insegnamenti possono essere organizzati in cicli semestrali e possono essere organizzati in moduli di almeno 20 ore.

TRIENNIO FORMATIVO

I corsi fondamentali del triennio, che comportano 1440 ore complessive più 80 ore dei Laboratori di Biologia Sperimentale, hanno la seguente distribuzione annuale:

<i>1° ANNO (attivato)</i>	<i>2° ANNO (attivato)</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Chimica generale ed inorganica (C.M., 1 annualità) • Istituzioni di matematiche (C.M., 1 annualità) • Citologia e istologia (C.M., 1 annualità) • Chimica organica (C.M., 1 annualità) • Fisica (C.M., 1 annualità) • Zoologia (C.M. 1 annualità) 	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio di Fisica e Metodi Matematici e Statistici (C.I., 2 U.D.) • Chimica fisica e Laboratorio di Chimica (C.I., 2 U.D.) • Chimica biologica e Biologia molecolare (C.I., 2 U.D.) • Anatomia comparata (C.M., 1 annualità) • Genetica (C.M., 1 annualità) • Biometria (C.M., 1 U.D.)

<i>3° ANNO (attivato)</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Biofisica e Fisiologia cellulare (C.I., 2 U.D.) • Biochimica e Biologia molecolare della cellula (C.I., 2 U.D.) • Botanica e Fisiologia vegetale (C.I., 3 U.D.) • Ecologia (C.M., 1 U.D.) • Anatomia umana e Fisiologia generale I (C.I., 2 U.D.) • Microbiologia generale (C.M., 1 annualità) • Botanica evolutivista (C.M., 1 U.D.)

L'iscrizione al terzo anno è condizionata al superamento di almeno 5 esami entro il mese di ottobre del secondo anno.

I due Laboratori di Biologia sperimentale si svolgono rispettivamente al II ed al III anno. La frequenza del I Laboratorio richiede che lo studente abbia superato l'esame di Citologia ed istologia o di Zoologia.

I corsi denominati I sono propedeutici a quelli denominati II.

BIENNIO DI INDIRIZZO (ATTIVATO PER IL IV ANNO DALL'A.A. 1998/99 E PER IL V ANNO DALL'A.A. 1999/2000)

I giudizi dei Laboratori di Biologia sperimentale e del colloquio di lingua sono propedeutici agli esami del biennio. Lo studente all'atto di iscrizione al IV anno deve scegliere uno degli indirizzi attivati.

INDIRIZZO A: BIO-EVOLUTIVO UMANO

<i>4° ANNO</i>	<i>5° ANNO</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Biologia dello Sviluppo e Genetica dello Sviluppo (C.I., 2 U.D.) • Antropologia (C.M., 1 annualità) • Fisiologia generale II (C.M., 1 U.D.) • 1 corso opzionale 	<ul style="list-style-type: none"> • Genetica di popolazioni e Biologia Umana (C.I., 2 U.D.) • 2 corsi opzionali

A completamento delle attività pratiche dei corsi caratterizzanti si svolgeranno un Laboratorio di Biologia umana applicata (2 U.D.) e un Laboratorio di Biologia computazionale (2 U.D.) entrambi suddivisi fra IV e V anno. Al termine del Laboratorio di Biologia computazionale lo studente deve superare un giudizio di merito che non è valutabile ai fini della media.

INDIRIZZO BIO-ECOLOGICO

<i>4° ANNO</i>	<i>5° ANNO</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Biosistemica vegetale (C.M., 1 annualità) • Zoologia II (C.M., 1 annualità) • Ecologia applicata (C.M., 1 annualità) • 1 corso opzionale a scelta nel settore Genetico (E11X) 	<ul style="list-style-type: none"> • Igiene ambientale (C.M., 1 annualità) • 2 corsi opzionali

A completamento delle attività pratiche dei tre corsi caratterizzanti il IV anno si svolgerà un Laboratorio Ecologico sul campo. A completamento delle attività pratiche verrà organizzato un Laboratorio di Biologia computazionale (2 U.D.) suddiviso fra il IV e V anno. Al termine del corso di Laboratorio di Biologia computazionale lo studente deve superare un giudizio di merito che non è valutabile ai fini della media.

INDIRIZZO BIO-MOLECOLARE

<i>4° ANNO</i>	<i>5° ANNO</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Biochimica II, Metodologie Biochimiche e Laboratorio di Biochimica (C.I., 3 U.D.) • Genetica II, Genetica dello sviluppo e Laboratorio di Genetica Molecolare (C.I., 3 U.D.) • Biologia molecolare II, Biofisica applicata e Laboratorio di Biologia molecolare (C.I., 3 U.D.) • 1 corso opzionale 	<ul style="list-style-type: none"> • Microbiologia applicata e Tecniche Microbiologiche (C.I., 2 U.D.) • 2 corsi opzionali

Nell'ambito dei corsi caratterizzanti il IV anno verrà tenuto un Laboratorio di Biologia computazionale.

INDIRIZZO FISIOPATOLOGICO

<i>4° ANNO</i>	<i>5° ANNO</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Anatomia Umana e Fisiologia Generale II (C.I., 3 U.D.) • Patologia generale (C.M., 1 annualità) • Farmacologia (C.M., 1 U.D.) • 1 corso opzionale 	<ul style="list-style-type: none"> • Igiene (C.M., 1 annualità) • 1 corso opzionale • Laboratorio di Fisiologia e patologia (C.I., 2 U.D.); al corso, con esame finale, collaborano i docenti degli altri insegnamenti caratterizzanti.

A completamento delle attività pratiche verrà organizzato un Laboratorio di Biologia computazionale (2 U.D.) suddiviso fra il IV e V anno. Al termine del corso di Laboratorio di

Biologia computazionale lo studente deve superare un giudizio di merito che non è valutabile ai fini della media.

Nel rispetto dei vincoli disciplinari e di durata oraria degli insegnamenti previsti dalla Tabella XXV e del presente regolamento, possono essere approvati piani di studio individuali che si discostino dal curriculum di studi ufficiale per la sola parte relativa al triennio comune.

Gli insegnamenti opzionali possono essere scelti dall'elenco riportato nell'ordine degli studi o tra i fondamentali di un altro indirizzo o con piano di studi individuale da un altro corso di laurea o Facoltà.

PIANO DIDATTICO – PRECEDENTE ORDINAMENTO (G.U.N. 231 DEL 3.8.1989)

ASPETTI GENERALI

Il totale delle ore d'insegnamento per studente è di 1600 per il triennio e di 500 nel biennio. Gli insegnamenti possono essere di durata semestrale (45 ore) o annuale (90 ore) e comprendono lezioni ed esercitazioni. Gli studenti devono inoltre frequentare i due corsi di Laboratorio di biologia sperimentale di 75 ore all'anno e superare i relativi giudizi, nonché superare la prova di conoscenza della lingua inglese, non valutabile ai fini della media. Il curriculum è il seguente (A = annualità di 90 ore, S = corso di durata semestrale, 45 ore). La maggior parte dei corsi si svolgono in un solo semestre (corsi intensivi).

TRIENNIO FORMATIVO

<i>2° ANNO (non attivato)</i>	<i>3° ANNO (non attivato)</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Anatomia comparata (A) (23) • Chimica biologica (A) (93) • Chimica fisica (S) (122) • Chimica organica (A) (148) • Metodi matematici e statistici (S) (7319) • Zoologia (A) (1077) • Lab. di biologia sperimentale I (7318) 	<ul style="list-style-type: none"> • Biologia molecolare (S) (2617) • Botanica (A) (72) • Ecologia (S) (248) • Genetica (A) (451) • Fisiologia generale (A) (443) • Fisiologia vegetale (S) (445) • Microbiologia generale (A) (8383) • Lab. di biologia sperimentale II (7320)

Gli esami di Istituzioni di Matematiche, Fisica, Chimica generale ed inorganica sono propedeutici agli esami del II anno e successivi. Si consiglia inoltre di sostenere gli esami di:

- Chimica organica prima di Chimica biologica
- Chimica biologica prima di Biologia molecolare, Fisiologia generale, Fisiologia vegetale.
- L'iscrizione al IV anno è condizionata al superamento degli esami di:
- Istituzioni di Matematiche, Fisica, Chimica generale ed inorganica, Chimica organica,

Laboratorio di Fisica, Laboratorio di chimica

- sette esami di discipline biologiche
- dei due colloqui del Laboratorio di biologia sperimentale
- del colloquio di lingua inglese (9544)
- Lo studente inoltre deve essere in possesso di tutte le frequenze del triennio.

BIENNIO DI APPLICAZIONE

Lo studente all'atto della iscrizione al IV anno deve scegliere uno dei quattro indirizzi, superarne gli esami obbligatori e completare il curriculum (almeno sette esami per complessive 500 ore d'insegnamento) con esami complementari, o fondamentali di altri indirizzi. Nell'a.a. 1998-99 sono attivati solo il V anno di tutti gli indirizzi.

Indirizzo A: Morfologico-funzionale 01

4° ANNO (<i>non attivato</i>)	5° ANNO
<ul style="list-style-type: none"> • Antropologia (A) (44) • Botanica II (A) (77) • Zoologia II (A) (2435) • Un insegnamento a scelta fra i complementari (S) 	<ul style="list-style-type: none"> • Fisiologia generale II (A) (3429) • Due insegnamenti a scelta fra i complementari (S)

Indirizzo B: Biologico-ecologico 02

4° ANNO (<i>non attivato</i>)	5° ANNO
<ul style="list-style-type: none"> • Botanica II (A) (77) • Ecologia applicata (A) (7177) • Zoologia II (A) (2435) • Un insegnamento a scelta fra i complementari (S) 	<ul style="list-style-type: none"> • Igiene (A) (498) • Due insegnamenti a scelta fra i complementari (S)

Indirizzo C: Biomolecolare 03

4° ANNO (<i>non attivato</i>)	5° ANNO
<ul style="list-style-type: none"> • Biologia molecolare II (A) (7321) • Chimica biologica II (A) (7322) • Genetica II (A) (7323) • Un insegnamento a scelta fra i complementari (S) 	<ul style="list-style-type: none"> • Metodologia biochimica (S) (7324) • Microbiologia applicata (S) (9229) • Un insegnamento a scelta fra i complementari (S)

Indirizzo D: Fisiopatologico 04

<i>4° ANNO (non attivato)</i>	<i>5° ANNO</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Anatomia umana (A) (35) • Farmacologia (S) (351) • Fisiologia generale II (A) (3429) • Patologia generale (768) 	<ul style="list-style-type: none"> • Igiene (A) (498) • Due insegnamenti a scelta fra i complementari (S)

Le domande di internato vengono presentate di norma al IV anno entro il 31 gennaio, e l'internato ha inizio il 1° marzo.

INSEGNAMENTI COMPLEMENTARI

Gli insegnamenti complementari possono essere scelti liberamente dall'allegato elenco, o tra i fondamentali di altri indirizzi di Scienze Biologiche, o con piano di studi individuale da altro corso di laurea o Facoltà.

Si precisa che i complementari, per soddisfare il monte ore lezioni, sono da considerarsi tutti corsi semestrali, anche se annuali nel loro svolgimento presso i rispettivi corsi di laurea.

Per l'anno accademico 1997-98 sono attivati i seguenti insegnamenti complementari, che lo studente dovrà scegliere e seguire coerentemente all'indirizzo prescelto:

- Antropometria ed Ergonomia (3589)
- Biofisica (65)
- Biologia umana (2464)
- Biometria
- Citochimica e Istochimica (8661)
- Citologia animale (10378)
- Ecologia umana (8632)
- Ecologia vegetale
- Entomologia (2621)
- Fotobiologia (10379)
- Genetica dei microrganismi (2614)
- Genetica delle popolazioni (2615)
- Genetica molecolare (8664)
- Genetica quantitativa (9302)
- Genetica vegetale (3557)
- Idrobiologia (492)
- Microbiologia applicata (9229)
- Neurobiologia (7936)
- Zoologia applicata (9944)
- Patologia vegetale (8421)

DOVE SI TENGONO I CORSI

DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA EVOLUZIONISTICA SPERIMENTALE

Aule:

ANATOMIA COMPARATA, Via Belmeloro 8

ANTROPOLOGIA, Via Selmi 3

ZOOLOGIA, Via S. Giacomo 9

- Anatomia comparata
- Antropologia
- Antropometria
- Biologia Generale
- Biologia molecolare
- Biologia umana
- Biometria (Statistica)
- Chimica biologica
- Citologia Animale
- Citologia e istologia
- Ecologia
- Ecologia Applicata
- Ecologia Umana
- Embriologia
- Entomologia
- Fisiologia generale I e II
- Genetica I e II
- Genetica dei microorganismi
- Genetica delle popolazioni
- Genetica molecolare
- Genetica quantitativa
- Genetica vegetale
- Idrobiologia
- Istituzioni di Matematiche
- Metodi Matematici e Statistici
- Neurobiologia
- Zoologia I e II
- Zoologia applicata

Aule:

BOTANICA, Via Imerio, 42

- Biofisica
- Biologia Molecolare
- Biosistemica vegetale
- Botanica
- Botanica Evoluzionistica

- Chimica biologica
- Ecologia Vegetale
- Fisica
- Fisiologia Vegetale
- Fisiologia Vegetale
- Fisiologia Vegetale
- Metodologie Biochimiche
- Microbiologia generale

DIPARTIMENTO DI CHIMICA «G. CIAMICIAN»

Via Selmi 2

- Chimica generale ed inorganica
- Chimica Fisica
- Chimica organica
- Laboratorio di chimica

DIPARTIMENTO DI FISICA, Via Imerio 46

- Laboratorio di fisica

DIPARTIMENTO DI PATOLOGIA SPERIMENTALE

SEZIONE DI PATOLOGIA GENERALE, Via S. Giacomo 14

- Patologia Generale
- ISTITUTO DI ANATOMIA UMANA NORMALE, Via Imerio, 48
- Anatomia umana

DIPARTIMENTO DI FARMACOLOGIA, Via Imerio, 48

- Farmacologia

DIPARTIMENTO DI MEDICINA E SANITA' PUBBLICA

SEZIONE DI IGIENE, Via S. Giacomo, 12

- Igiene
- ISTITUTO DI PATOLOGIA VEGETALE, Via Filippo Re, 8
- Patologia vegetale

Programmi dei corsi

ANATOMIA COMPARATA (A-L)

Docente: Antonio Quaglia

Tipo: 80 ore comprensive di lezioni ed esercitazioni, 2° semestre, 2° anno

Esame: orale, integrato da riconoscimento di preparati anatomici.

Scopo del corso: Confrontare, dai punti di vista embriologico e morfo-funzionale, i sistemi d'organo nelle diverse classi dei Vertebrati così da rilevare l'evoluzione del Phylum, la sua unità organizzativa e la varietà degli adattamenti.

Contenuto del corso: Caratteristiche generali dei Vertebrati. Lineamenti fondamentali sulla riproduzione e sullo sviluppo embrionale. Il sistema tegumentario. Gli organi luminosi. La pigmentazione. Il dermascheletro. I derivati cornei. Gli organi di senso ed il sistema nervoso. L'evoluzione del sistema nervoso centrale e periferico. I nervi spinali e i nervi cranici. Il sistema nervoso autonomo. Sistema scheletrico. La corda e la colonna vertebrale negli Ictiopsidi e nei Tetrapodi. Le cinture e le appendici pari; i diversi adattamenti dell'arto. L'evoluzione del cranio nei diversi Vertebrati. Organizzazione generale del sistema muscolare. L'apparato alimentare. L'apparato respiratorio. L'evoluzione delle branchie e dei polmoni. I meccanismi respiratori e la funzionalità dei diversi apparati respiratori. Il sistema circolatorio. L'evoluzione della circolazione arteriosa, venosa e linfatica. La termoregolazione. Il sistema urogenitale. L'osmoregolazione. Il sistema endocrino: nozioni di base.

Testi consigliati

G. MINELLI, *Morfologia dinamica dei Vertebrati*, Patron Editore, Bologna, 1975.

G. MINELLI, *Appunti di Embriologia dei Vertebrati*, Patron Editore, Bologna, 1991.

A. S. ROMER, T. S. PARSON, *Anatomia Comparata dei Vertebrati*, SES (Società Editrice Scientifica), 2° Ed., 1987.

P. ROSATI et al., *Embriologia Generale*, EDI-ERMES, 2. Ed., 1993.

ANATOMIA COMPARATA (M-Z)**Docente: Carlo Taddei****Tipo:** 60 ore di lezione - 20 ore di esercitazione su preparati di anatomia micro- e macro-scopici**Esame:** orale**Scopi del Corso:**

Fornire allo studente, attraverso l'analisi delle somiglianze e delle differenze nella organizzazione strutturale e funzionale dei diversi apparati, informazioni e conoscenze sulle caratteristiche generali dei vertebrati e su quelle peculiari di ogni classe di questo subphylum.

Esercitare lo studente allo studio ed alla interpretazione delle forme e delle strutture secondo una visione integrata che tenga conto della loro funzione, della loro evoluzione e della loro ontogenesi.

Per seguire il corso è consigliabile che lo studente si sia impadronito dei contenuti e dei concetti svolti nel corso di Citologia ed Istologia.

Contenuti del Corso:

Caratteristiche generali dei cordati ed in particolare dei vertebrati. Generalità sulle diverse classi di vertebrati e sulla loro filogenesi.

Prime fasi dello sviluppo embrionale (segmentazione, gastrulazione, neurulazione) delle uova di anfiosso, pesci cartilaginei, pesci ossei, anfibi, rettili, uccelli e mammiferi. Gli annessi embrionali (sacco vitellino, amnios, corion ed allantoide) in rapporto al tipo di sviluppo embrionale. La placenta e la viviparità.

L'apparato tegumentario, l'apparato scheletrico, gli organi di senso e l'apparato nervoso, l'apparato urogenitale, l'apparato circolatorio, l'apparato muscolare, l'apparato alimentare e l'apparato endocrino; dei singoli apparati viene presa in considerazione la loro organizzazione generale nelle singole classi dei vertebrati tenendo conto della loro ontogenesi e del rapporto fra struttura e funzione.

Testi consigliati

G. C. KENT *Anatomia Comparata dei Vertebrati* Piccin ED Padova

G. MINELLI *Elementi di Morfologia Dinamica dei Vertebrati* Pàtron Editore (Bologna)

E. PADOA *Manuale di Anatomia Comparata dei Vertebrati* Feltrinelli Ed.

ROMER & PARSON *Anatomia Comparata dei Vertebrati* Società Editrice Scientiflca

Per approfondimenti possono essere consultati:

N.E. BALDACCINI ET AL. *Anatomia Comparata* Antonio Delfino Editore

F.H. POUGH J.B. HEISER W.N. MCFARIAND *Biologia Evolutiva e Comparata dei Vertebrati*

Casa Ed. Ambrosiana Milano

Per seguire le esercitazioni

G. MINELLI E P. DEL GRANDE *Atlante di Anatomia dei Vertebrati* Piccin Ed. Padova

Per la parte di embriologia

DE LUCA *Embriologia dei Vertebrati* Casa Ed. Ambrosiana Milano

G. MINELLI *Embriologia dei Vertebrati* Pàtron Editore (Bologna)

**ANATOMIA UMANA E FISILOGIA GENERALE I
(Corso Integrato)****Docenti: Gabriella Giuliani-Piccari - Vittorio Tomasi****Tipo:** 80 ore di lezioni ed esercitazioni, III anno, 2° semestre**Esame:** orale

Scopo del corso: La trattazione dagli argomenti classici della Fisiologia Generale è preceduta da un inquadramento dei fondamenti morfologici del corpo umano necessari per comprendere sia il ruolo dell'Uomo nell'ambiente sia i meccanismi che sono alla base di alcune funzioni. L'approccio integrato struttura-funzione avviene sia a livello macroscopico sia a livello cellulare-molecolare. Si richiedono allo Studente competenze di Citologia-Istologia, di Chimica Biologica, di Biologia molecolare e ovviamente di Biofisica-Fisiologia Cellulare.

Contenuto del corso:**ANATOMIA UMANA I:**

Introduzione allo studio dell'anatomia umana. Descrizione delle regioni del corpo. Generalità sugli apparati: tegumentario, locomotore, digerente e genitale e sul sistema nervoso. Apparato urinario. Apparato respiratorio. Apparato circolatorio. Sistema endocrino.

FISILOGIA GENERALE I:

L'ambiente interno e sua regolazione: meccanismi omeostatici. La funzione renale, il nefrone, il trasporto in controcorrente. Il riassorbimento obbligatorio e facoltativo. La misura delle clearance renale. Rene e Ph del sangue. L'apparato iuxta-glomerulare. I controllori di pressione, il rene e l'ipertensione arteriosa.

Respirazione. La composizione dell'aria. La meccanica respiratoria. Lo scambio dei gas. La capacità vitale. Adattamento alle alte quote. La regolazione del respiro. I sensori per l'ossigeno. La respirazione branchiale.

Cuore e circolo. Proprietà generali del miocardio. Manifestazioni meccaniche dell'attività cardiaca. Manifestazioni elettriche. Lavoro e metabolismo del cuore. Regolazione dell'attività cardiaca. Attività endocrina, circolazione arteriosa e sua regolazione. Interazioni cellule endoteliali-cellule muscolari lisce. Meccanismi di angiogenesi cardio-vascolare. La re-stenosi.

Endocrinologia. La regolazione del metabolismo. Meccanismo di azione di ormoni, neuro-trasmettitori e fattori di crescita polipeptidici. Recettori di membrana e recettori intracellulari. Cenni sulla trasduzione del segnale. Analisi cinetica del binding ormone-recettore. Aspetti fisiopatologici dell'endocrinologia.

Neuroendocrinologia. Epifisi e ritmi biologici. Ipotalamo e centri regolatori. I recettori degli oppiacei e le vie della sensibilità dolorifica. I releasing factors ipotalamici. Il sistema limbico. Ipofisi. Gli ormoni ipofisari e i meccanismi di rilascio. TSH e tiroide: cenni di fisiopatologia della tiroide. GH e accrescimento, i mediatori del GH, aspetti fisiopatologici. ACTH e corticale delle surrenali, aspetti fisiopatologici.

La regolazione della glicemia. Pancreas endocrino e midollare delle surrenali.

Meccanismo di azione dell'insulina e delle catecolamine (recettori a e b), il diabete mellito di tipo I e II, trattamento farmacologico del diabete, la sindrome di adattamento all'ambiente. La regolazione della calcemia: paratormone, tirocalcitonina e vitamina D3 e loro meccanismi d'azione, patologie connesse al rimodellamento osseo, calcio e accoppiamento stimolo-secrezione.

Testi consigliati

AGNOLI ET AL. *Fisiopatologia*, CLUEB, Bologna, voll. I e II
CATTANEO, *Compendio di Anatomia Umana*, Monduzzi ed. Bologna
LAMBERTINI, *Anatomia Umana*, Piccin, Padova
CASTANO ET AL. , *Anatomia Umana*, EdiErmes, Milano
KHALE ET AL. , *Anatomia Umana*, Casa Ed. Ambrosiana

ANATOMIA UMANA E FISILOGIA GENERALE II (Corso integrato)

Docenti: Gabriella Giuliani Piccari - Giovanna Bartolini

Tipo: Indirizzo Fisiopatologico, 120 ore di lezioni ed esercitazioni, 4° anno, 1° semestre

Esame: orale, con possibilità di presentare una tesina a scelta per il corso di Fisiologia

Scopo del corso. Approfondire la conoscenza dell'organizzazione del corpo umano, dal livello macroscopico a quello microscopico ed ultramicroscopico ed i meccanismi attraverso i quali tale organizzazione si realizza nel corso dello sviluppo.

Tali conoscenze saranno utilizzate nello studio approfondito di alcuni argomenti di fisiologia con particolare attenzione ad aspetti applicativi e a collegamenti con la patologia.

Contenuto del corso

ANATOMIA UMANA II

Apparato tegumentario. Sistema locomotore. Apparato digerente. Apparato genitale maschile e femminile. Sistema nervoso.

FISILOGIA GENERALE II

Comunicazione tra cellule : recettori intracellulari, secondi messaggeri, fattori di crescita e loro recettori, derivati dell'acido arachidonico. Emopoiesi, fattori ematopoietici. Emoglobina normale e patologica. Trasporto dei gas respiratori. Gruppi sanguigni e sistema Rh. Analisi cliniche. Lipoproteine plasmatiche. Aterosclerosi. Aggregazione piastrinica e ruolo delle piastrine nell'emostasi in vivo. Cascata della coagulazione. Agenti anticoagulanti. Dissoluzione del coagulo. Quadro generale della circolazione e principi di emodinamica. Distensibilità vascolare e funzioni dei sistemi arterioso e venoso. Microcircolazione e sistema linfatico. Differenziamento sessuale. Sistema riproduttore

maschile. Sistema riproduttore femminile. Gravidanza e allattamento. Generalità sull'apparato digerente. Fase orale della digestione. Fase gastrica della digestione. Fase intestinale della digestione. Pancreas esocrino. Fisiologia del fegato. Assorbimento intestinale dei glucidi. Trasportatori per il glucosio. Assorbimento intestinale di protidi, lipidi, acqua, vitamine e ioni. Ormoni gastrointestinali. Regolazione della composizione e del peso corporeo. Metabolismo basale e calcolo della razione calorica. Obesità. Regolazione della temperatura corporea. Fisiologia dell'esercizio fisico. Fisiologia in alta quota. Fisiologia in condizioni iperbariche.

Testi consigliati

CATTANEO, *Compendio di Anatomia umana*, Monduzzi ed. , Bologna.

G. LAMBERTINI, *Anatomia umana*, Piccin Editore, Padova.

P. CASTANO ET AL. *Anatomia umana*, EdiErmes, Milano.

KHALE ET AL. , *Anatomia Umana*, Casa Ed. Ambrosiana

GUYTON E HALL, *Fisiologia Medica*, II ed., Edises, 1999

BERNE, LEVY, *Fisiologia*, Casa Editrice Ambrosiana, 3° edizione, 1995

Testi di cui si usano solo alcune parti:

AGNOLIE ALTRI, *Fisiopatologia*, Editrice CLUEB, 1994

TURA, *Lezioni di ematologia*, Società editrice Esculapio, 1991

PONTIERI, *Patologia generale 2: Fisiopatologia*, Piccin editore, 1990

CLEMENTE FUMAGALLI, *Farmacologia generale e molecolare*, UTET, 1997

Nota agli studenti: Per informazioni sulle modalità di svolgimento dell'esame e per altro materiale bibliografico, rivolgersi ai docenti.

ANTROPOLOGIA

Docente: Emanuela Gualdi Russo

Tipo: 80 ore di lezione comprensive di esercitazioni, I semestre, IV anno

Esame: orale, con prova pratica

Scopo del corso: Fornire le conoscenze sulle origini, sviluppo filético e adattamento umano all'ambiente, ponendo lo studente in condizione di comprendere significato e cause della variabilità biologica.

Contenuto del corso: L'ordine dei Primati. Caratteristiche biologiche e comportamentali dell'Uomo: comparazione con le Antropomorfe. L'evoluzione dei Primati in relazione alle principali modificazioni climatiche ed ambientali. L'ominizzazione: fattori e modelli evolutivi. Dai primi Ominidi all'umanità attuale: caratteristiche biologiche e culturali.

Caratteristiche morfo-metriche e funzionali dell'umanità attuale: variazioni con

l'accrescimento e l'invecchiamento. Il Trend secolare. I polimorfismi genetici. Le emoglobinopatie. L'adattamento umano all'ambiente: variabilità biologica fra popolazioni umane, fattori di variabilità, prospettive per il futuro.

Testi consigliati

F. FACCHINI, *Antropologia. Evoluzione, Uomo e Ambiente*, UTET Libreria, Torino, 1995.
G. A. HARRISON, J. M. TANNER, D. R. PILBEAM e P. T. BAKER, *Biologia umana. Evoluzione, genetica, ecologia delle popolazioni umane*, Piccin Nuova Libreria, Padova, 1994.

ANTROPOMETRIA ED ERGONOMIA

Docente: Emanuela Gualdi Russo

Tipo: 40 ore di lezione comprensive di esercitazioni, II semestre, IV o V anno

Esame: orale, con prova pratica

Scopo del corso: Porre lo studente in condizione di acquisire le metodologie di base per uno studio quantitativo dell'Uomo. Esaminare l'interazione tra caratteristiche antropometriche ed ambiente artificiale.

Contenuto del corso: Organizzazione di una ricerca antropometrica e strumentazione. Metodi statistici nella ricerca antropometrica. Osteometria: craniometria e misure fondamentali sullo scheletro post-craniale. Somatometria e Fisiometria: caratteri principali e tecniche di misura. Metodi di studio dell'accrescimento e dell'invecchiamento. Gli standard di crescita e metodi di previsione.

Applicazioni dell'Antropometria in campo ergonomico. Posture principali. Ambiente di lavoro e biomeccanica del movimento.

Testi consigliati

F. FACCHINI, *Antropologia. Evoluzione, Uomo e Ambiente*, UTET Libreria, Torino, 1995.
A. CAMUSSI, F. MOLLER, E. OTTAVIANO e M. SARI GORLA, *Metodi statistici per la sperimentazione biologica*, Zanichelli ed., Bologna, 1995.
PHEASANT STEPHEN, *Bodyspace. Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work*, Taylor & Francis Pub. London, 1996

BIOCHIMICA E BIOLOGIA MOLECOLARE DELLA CELLULA (Corso Integrato)

Docenti: Bruno Andrea Melandri, Marialuisa Melli

Tipo: 3 Anno. Corso Integrato di 80 ore comprensive di 10 ore di Immunologia.

Contenuto del corso:

Struttura delle proteine. Struttura secondaria e terziaria. Principali esempi di domini strutturali. Ripiegamento delle proteine. Struttura delle proteine di membrana. Canali e pompe di membrana. Accoppiamento chemiosmotico e sodio dipendente. Proteine contrattili e motori molecolari. Organizzazione del genoma eucariotico. Paradosso del valore C, reazioni di rinaturazione del DNA ed ibridazione RNA-DNA. Cinetiche di riassociazione, sequenze singole e ripetute. Geni singoli ripetuti, loro organizzazione e conservazione filogenetica in rapporto alla conservazione delle proteine. Pseudogeni. DNA satellite. Proteine che interagiscono con il DNA. Cromatina, struttura e funzione. Siti ipersensibili, domini attivi ed eterocromatina. Trascrizione negli eucarioti. RNA polimerasi I, II e III. Promotori, enhancers ed interazione tra i fattori basali e gli elementi "upstream". Regolazione della trascrizione. Domini di legame delle proteine, regolazione a distanza. Metilazione e demetilazione. Splicing di tipo I, II e nucleare. RNA catalitico. Modificazione post-trascrizionale delle proteine. Glicosilazione. Proteine di secrezione e loro maturazione. Trasporto vescicolare, ruolo della clatrina e della chinesina e coinvolgimento del citoscheletro. Sequenze segnale e "protein sorting", ruolo dei residui glucidici nel processo di maturazione. Biogenesi delle proteine mitocondriali. Coinvolgimento delle chaperonine nel trasporto di proteine transmembrana. Riarrangiamento del DNA. Mating type nei lieviti, riarrangiamenti nel *Trypanosoma*. Ciclo cellulare e regolazione della crescita. Apoptosi. Struttura delle proteine del sistema immunitario. Geni del sistema immunitario. Immunologia generale. Recettori di membrana e cascate di traduzione del segnale. Recettori a sette eliche. Biochimica della visione. cAMP e proteine chinasi. Ruolo regolatorio del IP3 e del Ca²⁺. Recettori tirosina chinasi. Oncogeni e crescita tumorale.

Testi Consigliati.

C. BRANDEN E J. TOOZE, *Introduzione alla struttura delle proteine*, Zanichelli, Bologna, 1993.

B. LEWIN, *Genes VI*, Oxford University Press, Oxford, 1997

L. STRYER, *Biochimica*, Quarta Edizione, Zanichelli, Bologna, 1996

J.M. COOPER, *La cellula, un approccio molecolare*, Zanichelli, 1998

**BIOCHIMICA II, METODOLOGIE BIOCHIMICHE E LABORATORIO DI
BIOCHIMICA
(Corso Integrato)**

BIOCHIMICA II / LABORATORIO DI BIOCHIMICA

Docente: Michela Rugolo

Tipo: 40 ore lezione e 40 di laboratorio, 4° anno,

Esame: orale con test scritto

Scopo del corso: Approfondire aspetti della biochimica cellulare, analizzando i meccanismi molecolari coinvolti in alcuni processi di segnalazione intracellulare; le metodologie più recenti utilizzate per tali studi.

Contenuto del corso

Lipidi di membrana: ruolo strutturale e funzionale. Organizzazione molecolare dei recettori di membrana: recettori canali. Domini funzionali dei recettori a sette eliche e meccanismi di desensitizzazione. Organizzazione molecolare e funzione delle proteine G. I sistemi effettori: adenilato ciclasi e fosfolipasi C. Regolazione dell'omeostasi intracellulare degli ioni calcio. Uso di proteine ricombinanti fluorescenti e chemiluminescenti. Fosfolipasi A2 e acido arachidonico, fosfolipasi D e acido fosfatidico. Protein chinasi: organizzazione molecolare. Recettori per i fattori di crescita: organizzazione molecolare, classificazione, interazioni e cascata delle MAP chinasi. PI3 chinasi e PKB/akt: ruolo nel meccanismo di segnalazione dell'insulina. Struttura e funzione delle fosfoprotein-fosfatasi. Recettori intracellulari: classificazione e organizzazione molecolare. Regolazione del pH intracellulare: ruolo dello scambiatore sodio/protoni e dello scambiatore anionico. Canali ionici: struttura generale e organizzazione molecolare dei canali di potassio, sodio e calcio, canali di cloro. Interazioni cellula-cellula: molecole di adesione.

Il laboratorio prevede esperimenti riguardanti: Metodi per lo studio delle proteine: gel filtrazione, determinazione delle attività enzimatiche delle frazioni, separazione mediante elettroforesi su gel di poliacrilamide. Metodi per la coltivazione di cellule animali in vitro: tripsinizzazione e conta delle; uso di sonde fluorescenti per la determinazione delle fasi del ciclo cellulare mediante citometria a flusso; misura delle variazioni di concentrazione del calcio libero citosolico mediante sonde fluorescenti.

METODOLOGIE BIOCHIMICHE

Docente: Paola Turina

Tipo: 40 ore, di cui 20 di lezione e 20 di laboratorio

Esame: orale con test al calcolatore

Contenuto del corso

Tipi di cromatografia per purificazione di proteine: gel filtrazione, scambio ionico e affinità; principi, aspetti tecnici e applicazioni. Elettroforesi di proteine e acidi nucleici. Metodi di rilevazione immunologica. Tecniche di manipolazione degli acidi nucleici in vitro. Principi e applicazioni biochimiche della spettrometria di massa. Principi di spettroscopia di fluorescenza, utilizzo di probes fluorescenti nello studio di proteine, nella microscopia confocale e nella citometria a flusso, con applicazioni. Principi di funzionamento e applicazioni biochimiche della microscopia elettronica e della microscopia a forza atomica.

Le ore di laboratorio prevedono l'apprendimento e l'uso di Rasmol, quale esempio di un programma di visualizzazione grafica di strutture atomiche di proteine, e lo studio di svariati esempi di strutture proteiche.

Testi consigliati

F.CLEMENTI E G.FUMAGALLI, *Farmacologia generale e molecolare*, UTET, 1996

G.F.COOPER, *La cellula, un approccio molecolare*, Zanichelli, 1998

C.BRANDÉN E J.TOOZE *Introduzione alla struttura delle proteine*, Zanichelli, 1993

I testi servono come traccia, gli argomenti vengono poi approfonditi su bibliografie originali.

**BIOFISICA E FISILOGIA CELLULARE
(Corso Integrato)**

BIOFISICA

Docente: Rita Casadio

Tipo: 40 ore di lezione e seminari

Esame: colloquio orale

Scopo del corso: Fornire gli elementi essenziali per l'analisi strutturale e computazionale di proteine ed acidi nucleici, utilizzando anche programmi per personal computer.

Contenuto del corso: Metodi principali di indagine biofisica per lo studio di strutture di proteine ed acidi nucleici. La diffrazione a raggi X e la determinazione delle strutture tridimensionali di proteine globulari e di membrana. Principi di risonanza magnetica nucleare ed elettronica. Spettroscopie di assorbimento e di fluorescenza. Il problema del folding. L'effetto idrofobico e le interazioni stabilizzanti la struttura nativa delle proteine. Interazioni elettrostatiche, dipolo-dipolo, dipolo-dipolo indotto. Interazioni di van der Waals. Legami idrogeno. Le proteine e gli acidi nucleici al calcolatore: analisi di sequenze e ricerca nelle banche dati in Internet. Grafica molecolare e

visualizzazione dei cristalli proteici. Uso di RasMol. Ricerca della omologia di sequenza. Dalla struttura covalente alla struttura terziaria. I plot di idrofobicità. Metodi predittivi a confronto. Predizione della struttura secondaria mediante reti neurali. Predizione della struttura terziaria mediante ricerca di omologia ed uso di cristalli proteici noti. Principi di dinamica molecolare applicati allo studio del folding proteico.

Il corso comprende 15 ore di laboratorio computazionale per l'utilizzo di metodiche atte allo studio delle proteine e degli acidi nucleici al computer.

Testi consigliati:

C.R. CANTOR e P.R. SCHIMMEL (1980), *Biophysical Chemistry*, 3 volumi, WH Freeman e Co, San Francisco.

La guida dell'EMBL al Protein Modeling (1997), in INTERNET:
<http://swift.embl-heidelberg.de/workshop/ws5.html>

FISIOLOGIA CELLULARE

Docenti: Rita Casadio - Antonio Contestabile

Tipo: 80 ore di lezioni e seminari, I semestre, 3° anno

Esame: test scritto e colloquio orale

Scopo del corso: Fornire allo studente gli elementi essenziali, anche di ordine quantitativo, per la comprensione del funzionamento della cellula. Utilizzare concetti e principi derivati dalla fisica e dalla chimica-fisica per la descrizione di processi molecolari e cellulari. Studiare il funzionamento integrato di specifiche cellule, in particolare di quelle eccitabili. Per sostenere l'esame è indispensabile che lo studente sia padrone dei contenuti e dei concetti svolti nei corsi di Fisica, Chimica-fisica, Citologia ed istologia, Chimica biologica e Biologia molecolare.

Contenuto del corso: Biomembrane: morfologia, strutture molecolari, funzioni e proprietà elettriche. Permeabilità delle membrane e loro proprietà all'interfaccia soluzione-membrana. Coefficienti di permeabilità e coefficienti di partizione. Caratterizzazione termodinamica e cinetica del trasporto. Classificazione del trasporto in relazione al rapporto tra flussi. Legge di Ussing. Trasporti passivi ed attivi.

Il ruolo degli ioni in soluzione. Flussi ionici transmembrana: diffusione e correnti ioniche. Potenziale elettrico transmembrana e sua determinazione secondo le tecniche più utilizzate. Potenziali di equilibrio: equazione di Nernst-Planck, equilibrio di Donnan. Potenziali di diffusione e potenziali superficiali. I concetti di permeabilità e conduttanza: l'equazione di Goldman-Hodgkin-Katz. Il potenziale di riposo delle cellule eccitabili. Correnti capacitativa e resistive, la legge di Ohm, il circuito elettrico equivalente della membrana. Il potenziale di azione: sua generazione e conduzione. Metodi di «voltage clamp» e «current clamp». Studio diretto dei canali ionici con la tecnica del «patch clamp»: correnti di singolo canale.

La trasmissione sinaptica: sinapsi elettriche (gap junction) e sinapsi chimiche. La

sinapsi neuromuscolare: potenziale di placca e di inversione. Il recettore nicotinico per l'acetilcolina. Sinapsi chimiche centrali. Sintesi, immagazzinamento, rilascio e turnover dei neurotrasmettitori. EPSP ed IPSP. Recettori ionotropi centrali. Recettori metabotropici e trasduzione del segnale. Neuromodulatori: i neuropeptidi. Sommazione ed integrazione sinaptica. La plasticità sinaptica ed il suo ruolo nello sviluppo, nell'apprendimento e nella memoria.

I recettori sensoriali. Meccanismi di trasduzione e codificazione dello stimolo. Meccanorecettori e chemiorecettori. I fotorecettori ed i meccanismi di trasmissione ed integrazione retinica. La fibra muscolare striata, i sarcomeri, le miofibrille. Le interazioni molecolari. Accoppiamento eccitazione-contrazione. Il sistema dei tubuli T ed il reticolo sarcoplasmatico. Il ruolo e la dinamica del calcio. Relazioni lunghezza-tensione. Energetica della contrazione muscolare. Pressione osmotica. Osmosi e regolazione del volume cellulare: ruolo di canali, trasportatori e scambiatori ionici. Regolazione del pH cellulare: funzioni regolate da variazioni del pH.

Il corso comprende alcuni approfondimenti seminariali su aspetti integrati della funzione nervosa e sui principi e le applicazioni delle reti neuronali.

Testi consigliati (informazioni più dettagliate verranno fornite durante il corso)

H. REICHERT, *Neurobiologia*, Zanichelli.

V. TAGLIETTI, C. CASELLA, *Elementi di fisiologia e biologia della cellula*, La Goliardica Pavese.

E. KANDEL, J. SCHWARTZ, T. JESSEL, *Principi di neuroscienze*, Casa editrice Ambrosiana.

N. SPERELAKIS, *Cell Physiology*, Academic Press.

**BIOLOGIA MOLECOLARE II, BIOFISICA APPLICATA e LABORATORIO DI BIOLOGIA MOLECOLARE
(Corso Integrato)**

BIOLOGIA MOLECOLARE II

Docente: Maria Luisa Melli
Tipo: semestrale

BIOFISICA APPLICATA

Docente: Rita Casadio
Tipo: semestrale

LABORATORIO DI BIOLOGIA MOLECOLARE

Docente: Davide Ambrosetti
Tipo: Semestrale

ECOLOGIA VEGETALE

Docente: Carlo Ferrari
Tipo: Semestrale

**BIOLOGIA DELLO SVILUPPO, GENETICA DELLO SVILUPPO
(Corso integrato)**

Docenti: Carlo Taddei, Maria Cristina Pezzoli
Tipo: 80 ore, 1° semestre, 4° anno.
Esame: orale

Scopo del Corso: fornire agli studenti conoscenze sul differenziamento seguendo lo sviluppo embrionale nei vertebrati ed in alcuni invertebrati come modello. Dare una visione integrata degli approcci sperimentali (sopra-cellulari, cellulari, molecolari e genetici) che hanno consentito lo sviluppo di questa disciplina. Fornire strumenti per lo studio dell'evoluzione delle forme biologiche.

Contenuto del corso:

Embriologia descrittiva

Significato della riproduzione sessuata. Gametogenesi e fecondazione: Differenziamento del gamete femminile e maschile e loro caratteristiche strutturali e funzionali. Interazione fra spermatozoo e uovo basi molecolari e strutturali. La segmentazione: significato generale e modalità nelle uova oloblastiche e meroblastiche. La gastrulazione e neurulazione: significato generale e modalità in riccio di mare, anfiosso, anfibi, rettili, uccelli e mammiferi. Gli annessi embrionali in riferimento allo sviluppo embrionale in ambiente subaereo e alla viviparità.

Embriologia sperimentale

Uova a mosaico e uova regolative. Determinazione del destino delle cellule attraverso specificazione autonoma (tunicati, molluschi, *C. elegans*). Determinazione delle cellule germinali in insetti e anfibi. Determinazione del sesso. Determinazione del destino delle cellule attraverso interazioni successive. Sviluppo regolativo in riccio di mare, anfibi e mammiferi.

L'induzione embrionale: Esperienze di Spemann sull'organizzatore primario. Induzione del mesoderma da parte dell'endoderma; formazione del centro di Nieuwkoop. Fattori coinvolti nel modello a tre segnali nell'induzione del mesoderma negli anfibi. Specificazione della polarità antero-posteriore e dorso ventrale.

Interazioni cellulari nel differenziamento di sistemi e organi.: Formazione dell'architettura strutturale del sistema nervoso centrale, specificità degli assoni, le creste neurali. Sviluppo dell'arto.

Genetica dello sviluppo Analisi genetica dello sviluppo. Espressione differenziale dei geni.

Sviluppo embrionale precoce. Ciclo vitale e genetica di *Chenorhabditis elegans*. Oogenesi, mutanti ad effetto materno e sviluppo precoce. Ciclo vitale e genetica di *Drosophila melanogaster*. Oogenesi, mappe del destino e stato determinativo nel blastoderma. Organizzazione materna degli assi di simmetria. Ciclo vitale e sviluppo precoce in *Mus musculus*.

Sviluppo post-embriionale. Lignaggio cellulare e destino cellulare in *Chenorhabditis elegans*. Fondamenti genetici e molecolari del pattern embrionale in *Drosophila*. Regolazione genica e sviluppo. Sviluppo post-impianto nel topo. Geni omeotici, formazione del pattern e relazioni con lo sviluppo in *Drosophila*.

Proliferazione cellulare e formazione del pattern in *Drosophila*.

Costrizioni di sviluppo ed evoluzione morfologica: il modello *Drosophila*.

Approcci quantitativi allo studio dell'ontogenesi ed evoluzione morfologica nei vertebrati.

Testi consigliati

E. BONCINELLI, 1994. *Biologia dello sviluppo, dalla cellula all'organismo*. N.I.S., Roma.

S.F. GILBERT, 1997. *Biologia dello Sviluppo*. 2° Ed. Zanichelli Ed.

A.S. WILKINS, 1993. *Genetic analysis of Animal Development*. John Wiley & Sons, Inc., Publ.

BIOMETRIA**Docente: Gabriella Rocchetta****Tipo:** 40 ore di lezione, 2° semestre, 2° anno, oppure corso complementare**Esame:** scritto e successivo colloquio

Scopo del corso: Vengono presentate le più comuni metodologie statistiche applicate alla ricerca biologica. Il ruolo della metodologia statistica è essenziale nella applicazione del metodo scientifico. Esso consiste nel formulare un'ipotesi per via induttiva circa un dato problema; essa viene quindi verificata deduttivamente mediante un esperimento; l'analisi dei dati ottenuti consente di provare l'ipotesi oppure formularne eventualmente una seconda.

Contenuto del corso: Definizione di popolazione e campione. Tipi di variabili. Scale di misura. Descrizione delle osservazioni mediante tabelle, grafici, distribuzioni di frequenza. Le statistiche descrittive: misure di posizione e indici di dispersione. Distribuzioni campionarie e stima dei parametri di popolazione. Test delle ipotesi. Errori di I e II tipo. Protezione e potenza del test statistico. Il confronto tra proporzioni. Il confronto tra due campioni. Analisi della varianza ad uno e a due criteri di classificazione. Confronti multipli. Metodi non parametrici. Regressione lineare semplice e regressione non lineare. Correlazione. Analisi di covarianza.

Testi consigliati

A. CAMUSSI, F. MOLLER, E. OTTAVIANO, M. SARI GORLA, *Metodi statistici per la sperimentazione biologica*, Zanichelli, Bologna.

G. ROCCHETTA, M. L. VANELLI, *Metodologie statistiche in biologia*, CLUEB, Bologna.

R. R. SOKAL, F. J. ROHLF, *Biometry*, W. H. Freeman and Company, New York.

BIOSISTEMATICA VEGETALE**Docente: Giovanni Cristofolini****BOTANICA E FISILOGIA VEGETALE****(Corso Integrato)****Docenti: Donatella Serafini Fracassini, Paolo Pupillo****Tipo:** 50 ore di Botanica e 50 ore di Fisiologia vegetale; III anno, I semestre**Esame:** orale; può comprendere una prova di riconoscimento di materiale vegetale; almeno sei appelli all'anno

Scopo del corso: Viene dato un quadro aggiornato della morfologia e fisiologia dei vegetali, dei quali vengono approfondite strutture, differenziazioni e funzioni dal livello molecolare fino al livello ecofisiologico. E' posto l'accento sulle piante superiori per la loro importanza nell'ambiente, nell'alimentazione e nelle applicazioni tecnologiche.

Contenuto del corso:

Tipi di vegetali. Cicli metagenetici. Funzioni dei vegetali nell'ambiente; usi delle piante da parte dell'uomo. Le ricerche sui vegetali.

Cellule vegetali: struttura generale, nuclei, pareti, vacuoli, altri organelli. Divisione cellulare. Funzioni idriche. Funzioni ioniche e di trasporto. Nutrizione minerale. Plastidi. Fotosintesi. Organizzazione del carbonio. Funzioni cataboliche, respirazione e fermentazione. Anossia. Organizzazione di N e S. Proteine di riserva. Composti "secondari". Principi di ecofisiologia e produttività dei vegetali.

Forme di crescita e differenziamento. Strutture, metabolismo, funzioni delle classi principali di fitormoni. Altre sostanze morfogene. Fotoperiodismo e fotomorfogenesi, controllo della fioritura. Fotorecettori. Interazioni delle piante con microrganismi. Tumori. Risposte a stress.

Seme e germinazione. La plantula. Meristemi e tessuti. Fasci conduttori. Anatomia vegetale: sviluppo e struttura del caule, della radice e della foglia. Colture in vitro. Embriogenesi. Organogenesi. Trasporto a lunga distanza e partizione degli assimilati. Erbicidi. Piante transgeniche.

Esercitazioni: si svolgono cicli di esercitazioni a turni; si prende nota delle presenze.

Testi consigliati:

N. BAGNI et al., *Botanica*, Monduzzi.

A. ALPI et al., *Biologia della cellula vegetale*, UTET.

F.M. GEROLA et al., *Biologia e diversità dei vegetali*, UTET.

A. ALPI, P. PUPILLO, C. RIGANO, *Fisiologia delle piante*, Edises.

L. TAIZ, E. ZEIGER, *Fisiologia vegetale*, Piccin.

BOTANICA EVOLUZIONISTICA

Docente: Lucia Conte

Tipo: modulo di 40 ore; 2° semestre, 3° anno

Scopo del corso: Dare le conoscenze di base sulla diversità dei vegetali sotto l'aspetto del loro divenire evolutivo. Fornire conoscenze di base sulla storia della vita e sui principi che regolano la trasformazione dei viventi nel tempo. Mettere gli studenti in grado di riconoscere empiricamente i principali tipi di organismi vegetali.

Contenuto del corso: Origine della cellula procariote. Diversificazione dei

Procarioti dall'Archeozoico al Cianozoico. Ecologia dei Procarioti. Origine della cellula eucariote. Origine dei plastidi. Diversificazione degli Eucarioti autotrofi marini. Ecologia e diversità delle Alghe. Diversità ed ecologia dei Miceti. Sviluppo e funzione delle simbiosi fra Procarioti, Miceti ed Eucarioti autotrofi. Funzione evolutiva delle simbiosi. Origine ed evoluzione delle Briofite e delle Cormofite nel Paleozoico: evoluzione dell'apparato vegetativo: evoluzione della stele; evoluzione dell'apparato riproduttivo; adattamenti all'ambiente aereo; diversità delle Briofite e delle Pteridofite attuali. Origine ed evoluzione delle Spermatofite nel Mesozoico, con particolare riguardo all'apparato riproduttivo; origine e funzione del polline e del seme; diversità ed ecologia delle Gimnosperme attuali. Origine ed evoluzione delle Angiosperme dal Mesozoico al Terziario, con particolare riguardo all'apparato riproduttivo. Struttura e funzione del fiore; origine e funzione del carpello e del frutto. Aspetti molecolari del differenziamento delle strutture riproduttive. Funzione della coevoluzione animali-piante nel processo riproduttivo delle Angiosperme. La diversità delle Angiosperme attuali. Organografia: radice, fusto, foglia e relative metamorfosi. Esercitazioni pratiche: analisi della struttura macro- e microscopica di: Alghe; Miceti; Muschi; Licheni; Pteridofite; Gimnosperme; Angiosperme.

Testi consigliati

STRASBURGER, *Trattato di Botanica*, vol. II, Ediz. Delfino.
GEROLA, *Biologia e Diversità dei Vegetali*, Ediz. Utet.

BIOSISTEMATICA VEGETALE

Docente: Giovanni Cristofolini

Tipo: IV anno - 2 moduli, totale 80 ore; corso estensivo

Scopo del corso: Fornire conoscenze approfondite sulla diversità delle piante e sulle sue cause, con particolare riguardo alle Spermatofite. Fornire strumenti teorici e pratici per l'analisi della componente vegetale del paesaggio. Mettere lo studente in grado di procedere ad identificazione rigorosa di piante vascolari.

Contenuto del corso: Elementi di paleobotanica: l'evoluzione delle Cormofite dal Paleozoico all'Olocene. La struttura biologica delle specie ed i meccanismi di speciazione nelle piante. Riproduzione incrociata, autogamia, autoincompatibilità. Apomissia ed altre forme di propagazione vegetativa. Strategie di impollinazione e di disseminazione. Evoluzione delle strategie riproduttive e coevoluzione piante-insetti. Segregazione, ibridazione interspecifica ed introgressione. Autopoliploidismo ed allopoliploidismo. Variabilità infraspecifica ed ambiente: ecotipi e clini. Variabilità infraspecifica e distribuzione geografica: razze geografiche. Il cariotipo; le razze cromosomiche. Speciazione graduale e speciazione improvvisa. La specie tassonomica. Il Tipo, la gerarchia tassonomica, l'erbario. La biodiversità. Definizioni e stime della biodiversità. Influsso dell'uomo sulla biodiversità: origine ed evoluzione delle piante coltivate. La flora,

con elementi di corologia. Struttura della flora. Genesi e dinamismo della flora. Elementi corologici della flora italiana. L'endemismo. I regni floristici della Terra. Le regioni floristiche d'Europa. Suddivisione floristica dell'Italia. Diversità floristica e sua distribuzione sulla Terra. Specie in pericolo di estinzione e tutela della biodiversità. Scienza della vegetazione. Evoluzione della vegetazione dal Terziario all'Olocene, con particolare riguardo all'area mediterranea. Elementi di paleoecologia: gli spettri pollinici. Analisi e descrizione della vegetazione: analisi qualitativa e morfo-fisionomica. Le forme biologiche. La successione, le serie ed il climax. Cartografia della vegetazione. Principali tipi di vegetazione della Terra. Vegetazione d'Italia, con particolare riguardo all'Emilia-Romagna. Elementi di ecologia vegetale. I principali fattori ecologici. Il clima e le condizioni edafiche. I metaboliti secondari e la loro funzione ecologica. Le piante come indicatori ambientali: diversità biotica; complessità strutturale; i licheni. Floristica pratica. Riconoscimento e caratterizzazione delle principali famiglie di Angiosperme della flora italiana.

Testi consigliati

STRASBURGER, *Trattato di Botanica*, parte sistematica, Ed. Delfino.

F.M. GEROLA ed altri, *Biologia e Diversità dei Vegetali*, Ed. UTET.

D. BRIGGS e S.M. WALTERS, *Plant variation and evolution*, Cambridge University Press.

C.A. STACE, *Plant taxonomy and biosystematics*, Ed. Edward Arnold.

R. ZANGHERI, *Flora Italica*, Ed. Cedam.

CHIMICA BIOLOGICA E BIOLOGIA MOLECOLARE (Corso Integrato)

BIOLOGIA MOLECOLARE

Docente: Paolo Cortesi

Tipo: 40 ore di lezione, I semestre, 2° anno

Esame: scritto-orale

Contenuto del corso: Scoperta del DNA, componenti, struttura e replicazione semiconservativa. Codice genetico, mutazioni e soppressione. Denaturazione, rinaturazione, strutture secondarie e topologia degli acidi nucleici. Struttura del gene procariotico ed eucariotico, azioni in cis e in trans. Dogma centrale. RNA e sue funzioni: RNA ribosomale, t-RNA, RNA messaggero. Sintesi delle proteine, struttura e funzione dei ribosomi (fattori di inizio, traslocazione, terminazione, centri attivi) e del t-RNA come adattatore nel processo di traduzione. Processo di trascrizione: interazione tra RNA polimerasi procariotica e promotore. Controllo dell'espressione nei procarioti: fattori sigma alternativi, operoni, terminazione e antiterminazione, controllo coordinato, interazione proteine-DNA, autoregolazione, attenuazione. Cascata litica e lisogena dei

batteriofagi. Il fago lambda: il repressore CI, regolazione, struttura e interazione con l'operatore. Replicazione del DNA, primosomi e replisomi., sintesi semidiscontinua. Sistemi di controllo del DNA: modificazioni, restrizione, danno e riparo. Ricombinazione del DNA, ricombinazione nei sistemi batterici. Il sistema Rec. Manipolazione topologica del DNA. Caratteristiche generale di trasposoni semplici e complessi.

Testi consigliati:

B. LEWIN, *Genes VI*, Oxford University Press, 1997.

CHIMICA BIOLOGICA

Docente: Vincenzo Scarlato

Tipo: 40 ore di lezione, 2° semestre, 2° anno

Esame: scritto-orale insieme integrato con Biologia Molecolare

**CHIMICA FISICA E LABORATORIO DI CHIMICA
(Corso Integrato)**

CHIMICA FISICA

Docente: Walther Caminati

Tipo: 40 ore di lezione, 1° semestre, 2° anno

Esame: orale, integrato con Laboratorio di Chimica

Scopo del corso: Fornire i concetti e le conoscenze di Chimica Fisica necessarie per il Corso di Laurea in Biologia.

Contenuto del corso: Processi termodinamici. Definizione di lavoro e calore. Descrizione matematica di un sistema ad una o più variabili indipendenti. Differenziali esatti, differenziali inesatti. Energia e Prima Legge della Termodinamica. Calore e variazioni di energia e di entalpia; capacità termica. Espansioni di gas ideali. Termochimica. Interpretazione molecolare di DH. Peculiari proprietà termiche dell'acqua. Principi matematici: integrali, logaritmi, esponenziali. Entropia e Seconda Legge della Termodinamica. I criteri di spontaneità. Equazione di Boltzmann. Motori a calore. Combinazioni della prima e della seconda legge. La terza legge della termodinamica. Entropia residua. Energia Libera ed Equilibrio. Energie libere di Gibbs e di Helmholtz. Criteri di spontaneità basati sull'energia libera. Principi dell'equilibrio chimico. Il potenziale chimico. L'equilibrio chimico. Variazioni di energia libera standard. Dipendenza dalla temperatura di DG e K. Metodi per determinare AG. Effetto idrofobico. Equilibri di

fase. Transizioni in macromolecole biologiche ed in aggregati molecolari. Applicazioni biologiche della termodinamica. Energia solare. Il ciclo CO_2 - O_2 della biosfera. Reazioni accoppiate. Cinetica chimica: moleolarità, ordine di reazione ed equazione cinetica. Determinazione dei meccanismi di reazione. Decadimento radioattivo. Rinaturazione del DNA come esempio di reazione del 2° ordine. Equazione di Arrhenius. Misura della velocità di reazione. Cinetiche di rilassamento. Catalisi chimica. Cinetica enzimatica e potere catalitico degli enzimi. Equazione di Gibbs-Duhem. Soluzioni ideali. Soluzioni reali ed attività. Gas reali e fugacità. Proprietà colligative. Equilibri di sedimentazione. Celle elettrochimiche. Forza elettromotrice e potenziali di elettrodo. La catena di ossidazione terminale. Effetti ionici sull'equilibrio di membrana. Pressione osmotica e pompa a sodio.

Testi consigliati:

- J. W. MONCRIEF and W. H. JONES, *Elements of Physical Chemistry*, Addison Wesley Publishing Company, 1977.
D. EISENBERG and D. CROTHERS, *Physical Chemistry with Applications to the Life Sciences*, The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1979.

LABORATORIO DI CHIMICA

Docenti: Margherita Venturi, Pier Giorgio Cozzi**Tipo:** 40 ore di lezione, obbligatorio, 1° semestre, 2° anno**Esame:** orale, integrato con Chimica Fisica

Scopo del corso: Fornire allo studente le conoscenze tecniche fondamentali utilizzate nello studio delle reazioni di trasferimento di elettroni e di protoni in soluzione acquosa e nella sintesi organica.

Contenuto del corso: Norme di sicurezza e di comportamento in un laboratorio chimico. Relazioni ponderali con particolare riguardo alle reazioni redox e acido-base. Applicazione dei concetti generali di cinetica chimica. Preparazione di alcuni prodotti organici tramite sequenze sintetiche e principali tecniche per la loro separazione e purificazione. Elementi di base sui metodi analitici di tipo potenziometrico, cromatografico (gascromatografia, cromatografia preparativa su colonna, TLC) e spettroscopico (UV-Vis, IR, NMR, MS) per l'identificazione e la caratterizzazione di strutture.

Testi consigliati

- E. BENEDETTI ET AL., *Chimica in Laboratorio, Fondamenti ed Esercitazioni*, Zanichelli, Bologna.
R.M. ROBERTS, J.C. GILBERT, S.F. MARTIN, *Chimica Organica Sperimentale*, Zanichelli, Bologna.

CHIMICA GENERALE ED INORGANICA**Docenti:** Vittorio Concialini (A-L), Dario Braga (M-Z)**Tipo:** 85 ore di lezione, I semestre, I anno**Esame:** orale

Scopo del corso: Presentare i principi fondamentali e i concetti di base per affrontare e risolvere i problemi chimici e comprendere la reattività dei composti inorganici.

Contenuto del corso: Atomi, molecole e ioni, nomenclatura dei composti semplici. Bilanciamento delle reazioni e calcoli stechiometrici. Struttura atomica. Orbitali, numeri quantici. Atomi polielettronici e periodicità. Il legame chimico: covalente e ionico. Geometria molecolare secondo il modello VSEPR. Forze intermolecolari. Teoria cinetica e equazione di stato dei gas ideali. Liquidi e solidi. Tensione di vapore, equilibri di stato e proprietà colligative delle soluzioni. I principi della termodinamica. Funzioni di stato. Termochimica. Energia libera ed equilibrio chimico. Equilibri in soluzione: acidi e basi. Idrolisi e soluzioni tampone. Titolazioni acido-base. Equilibri di solubilità. Trasformazione di energia chimica in energia elettrica e viceversa. Celle galvaniche e celle elettrolitiche. Scala dei potenziali standard di riduzione. Equazione di Nernst. Cinetica chimica. Leggi cinetiche. Catalisi. Proprietà degli elementi rappresentativi e dei loro composti più importanti.

Testi consigliatiS. S. ZUMDAHL, *Chimica*, Ed. Zanichelli.**CHIMICA ORGANICA****Docente:** Giuliana Cardillo (A-L), Massimo Olivucci (M-Z)**Tipo:** 80 ore, II semestre, 4° anno**Esame:** orale.

Scopo del corso: Introdurre i concetti fondamentali della chimica organica (struttura e reattività delle principali classi di composti), nonché i principi basilari della stereochemica e dell'analisi conformazionale. Discutere i meccanismi delle più importanti reazioni localizzando le analogie coi processi che avvengono negli organismi viventi.

Contenuto del corso: Struttura elettronica di C, H, N, O, S e alogeni. Tipi di legami chimici e strutture molecolari. Concetto di acidità e basicità. Reattivi elettrofili e nucleofili. Idrocarburi alifatici saturi, insaturi e ciclici. Isomeria. Analisi conformazionale. Stereochemica. Composti organici alogenati: reazioni di sostituzione ed eliminazione. Composti aromatici. Aromaticità e risonanza. Sostituzione elettrofila aromatica. Alcoli,

fenoil, tioli. Eteri, epossidi, solfuri. Aldeidi, chetoni e chinoni. Acidi carbossilici e loro derivati (esteri e tioesteri, ammidi, anidridi, alogenuri acilici). Composti dicarbonilici. Ammine ed altri composti azotati. Lipidi: trigliceroli, terpeni, steroidi e prostaglandine. Carboidrati: monosaccaridi, oligosaccaridi e polisaccaridi. Amminoacidi, peptidi e proteine. Acidi nucleici.

Testi consigliati

R. T. MORRISON, R. N. BOYD, *Chimica Organica*, Ambrosiana, Milano.

T. W. G. SOLOMONS, *Chimica Organica*, Zanichelli, Bologna.

R. J. FESSENDEN, J. S. FESSENDEN, *Chimica Organica*, Piccin, Padova.

P. VOLLHART, *Chimica Organica*, Zanichelli, Bologna.

J. McMURRY, *Chimica Organica*, Zanichelli, Bologna.

CITOCHEMICA ED ISTOCHEMICA

Docente: Luigi Villani

Tipo: 40 ore di lezione

Esame: orale

Scopo del corso: Dare i principi di base sulle tecniche di indagine morfologica ed ultrastrutturale. Fornire i concetti generali per l'impiego delle metodiche istochimiche ed immunoistochimiche per lo studio dei tessuti.

Contenuto del corso: Introduzione alle microtecniche. Fissazione. Inclusione e taglio. Caratteristiche dei coloranti. Composti fluorescenti e loro impiego nello studio dei componenti tissutali. Metodi per gli acidi nucleici. Metodi per gli ioni inorganici. Metodi istochimici per le proteine. Istochimica dei carboidrati. Le lectine. Metodi per i lipidi. Istochimica degli enzimi. Enzimi idrolitici ed ossidoriduttivi. Tecniche neuroistologiche e di tract-tracing. La tecnica autoradiografica. La tecnica immunoistochimica: antigeni ed anticorpi, metodi di fluorescenza diretta ed indiretta, metodi di marcatura con enzimi, il complesso PAP, metodo con avidina-biotina, proteina A ed oro colloidale. Principi generali della ibridazione in situ.

CITOLOGIA ANIMALE

Docente: Antonio Quaglia

Tipo: 40 ore di lezione, I semestre, biennio

Esame: orale

Scopo del corso: Affrontare, a livello ultrastrutturale e molecolare, l'organizzazione della cellula quale minimo sistema necessario e sufficiente per essere vivo.

Contenuto del corso: L'origine della cellula: dalle molecole abiotiche alle strutture biologiche. Le caratteristiche differenziali della cellula negli organismi animali. Lo studio della cellula. I rapporti della cellula con l'ambiente: il plasmalemma. Il riconoscimento e l'adesione fra le cellule; le giunzioni intercellulari. L'estensione del territorio cellulare: la matrice extracellulare. I collagene e l'elastina. I rapporti fra il plasmalemma e la matrice. La compartimentazione della cellula. L'evoluzione dei compartimenti intracitoplasmatici nella cellula eucariote. La conservazione e la replicazione dell'informazione genetica: il nucleo. L'involucro nucleare ed il movimento di molecole fra il carioplasma ed il citoplasma. Il nucleolo e la sintesi dei ribosomi. Il metabolismo intermedio e la sintesi delle proteine stazionarie: il citoplasma. Le basi della statica e della dinamica cellulari: il citoscheletro. Le attività integrate del citoscheletro. I microtubuli stabili degli undulipodia. La sintesi dei lipidi e delle proteine da estrusione: il reticolo endoplasmico. Il reticolo rugoso e la sintesi delle proteine transmembranal e idrosolubili. Il reticolo liscio e la sintesi dei lipidi; la detossificazione cellulare. Le modificazioni finali e la selezione intracellulare delle molecole: l'apparato del Golgi. La secrezione costitutiva e quella regolata. La digestione cellulare: i lisosomi. Le vie di degradazione dei materiali endogeni ed esogeni. Il trasporto delle proteine lisosomiali dall'apparato del Golgi. La conversione dell'energia: i mitocondri. L'organizzazione dei mitocondri e la topografia delle attività mitocondriali. Il genoma mitocondriale. Il trasporto delle proteine dallo jaloplasma ai mitocondri. I perossisomi e l'utilizzazione dell'ossigeno molecolare.

Testi consigliati

B. ALBERTS et al., *Biologia molecolare della cellula*, Zanichelli Ed., Bologna, 1991.

E. D. P. DE ROBERTIS, E. M. F. DE ROBERTIS, *Biologia della cellula e molecolare*, Zanichelli Ed., Bologna, 1990.

CITOLOGIA ED ISTOLOGIA

Docenti: Franco Ciani e Valeria Franceschini

Tipo: 80 ore complessive tra lezioni ed esercitazioni, 1° semestre, I anno

Esame: orale (preceduto da una prova di riconoscimento di preparati citologici ed istologici).

Scopo del corso: Il corso intende dare le conoscenze di base sull'organizzazione della cellula e dei tessuti. In Citologia verrà fornita una descrizione dettagliata della struttura e della composizione chimica della cellula eucariota con un'aggiornata analisi dell'ultrastruttura e di alcuni aspetti funzionali degli organuli cellulari. In Istologia lo

studio sarà rivolto alle proprietà strutturali dei diversi tessuti animali come espressione di una specializzazione funzionale delle cellule che lo compongono.

Contenuto del corso:

Citologia: Procarioti ed Eucarioti. Forma e volume della cellula eucariota. Sincizi e plasmodi. Composizione chimica della cellula. La membrana citoplasmatica. Il glicocalice. Differenziamenti della membrana. Il reticolo endoplasmico. L'apparato del Golgi. Lisosomi ed endocitosi. Struttura e ruolo dei ribosomi nella sintesi proteica. I mitocondri. Il ciclo dell'energia. Il citoscheletro e la motilità cellulare. Struttura delle ciglia e dei flagelli. Il nucleo interfascio. La membrana nucleare. Struttura della cromatina. Il nucleolo e la biogenesi dei ribosomi. Il ciclo cellulare. Duplicazione del DNA. Morfologia dei cromosomi. Cellule vegetali. Pareti cellulari. Tonoplasto e vacuoli. Plastidi ed altri organuli. Il fuso mitotico. Mitosi e Meiosi. La gametogenesi. Spermatogenesi. Ovogenesi. La fecondazione. Il differenziamento cellulare.

Istologia: Il tessuto epiteliale. Caratteristiche citologiche delle cellule epiteliali. Classificazione e struttura degli epiteli. La secrezione. Struttura istologica delle ghiandole esocrine ed endocrine. I tessuti connettivi. La fibrilla collagena, elastica e reticolare. Il tessuto adiposo. Connettivi di sostegno (cartilagine, osso, dentina). Ossificazione. Il sangue. Eritrociti ed emazie. Le piastrine. I leucociti. Il tessuto muscolare striato. La miofibrilla. Il meccanismo della contrazione. Il tessuto muscolare cardiaco. Il tessuto muscolare liscio. Il tessuto nervoso. Caratteristiche citologiche del neurone. La sinapsi. La conduzione e la trasmissione dell'impulso nervoso. La sinapsi neuromuscolare. Le terminazioni di senso. Morfologia e funzioni delle cellule gliali.

Testi consigliati

P. ROSATI E R. COLOMBO, *Istologia*, Edi-Ermes, Milano.

V. MONESI, *Istologia*, Piccin, Padova.

ECOLOGIA

Docente: Giuliano Bonomi

Tipo: 60 ore, intensivo, 1° semestre, III anno

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire gli strumenti concettuali per identificare e misurare i processi che presiedono al funzionamento, in condizioni normali e disturbate, dei sistemi ecologici, nel presente e nel passato.

Contenuto del corso: Le radici culturali dell'ecologia, suoi contenuti e rapporti con le altre discipline scientifiche. I metodi dell'ecologia: il piano sperimentale e l'interpretazione dei dati. L'ecosistema: strutture, funzioni, controlli, modelli. Le critiche al concetto di ecosistema.

Ecologia trofica: concetti di biomassa e di produzione. Produzione primaria: sua misura e distribuzione spazio-temporale dei valori. Destino della produzione primaria, gli schemi metabolici delle vie del consumo, reti alimentari. Flussi di energia e livelli trofici. La produzione secondaria e sue misure. La decomposizione e relativi metodi di studio. Principali cicli biogeochimici. I fattori di controllo di natura fisica, chimica e biologica.

Ecologia demografica: le popolazioni e le stime delle loro dimensioni. Regolazioni e fluttuazioni numeriche. Tavole di vita. Modelli di dinamica di popolazione, le strategie dei cicli vitali. Sfruttamento di popolazioni.

Le comunità: descrizione delle situazioni statiche e dinamiche, confini, interazioni, ecotoni. La diversità di specie. Complessità e stabilità. Effetti delle perturbazioni. Le sequenze planctoniche stagionali.

L'ecosistema nello spazio: organizzazioni e distribuzioni. Le grandi divisioni nella biosfera.

L'ecosistema nel tempo: serie temporali di diversa griglia. Le successioni e la ricerca di regolarità nei dati osservativi. Successioni ed evoluzione. Climax, maturità. La paleoecologia, suoi strumenti e metodi di studio. Paleoecologia organismica e molecolare. Le perturbazioni nel passato.

Generalità sulle applicazioni della ecologia. Le tecnologie soft.

Durante il corso si svolgono esercizi di calcolo. Vengono tenuti seminari su argomenti specifici (es.: casi di interventi di risanamento ambientale, eutrofizzazione, ecologia delle acque lagunari, paleoecologia, mimetismo, effetti ecologici delle piogge acide)

ECOLOGIA APPLICATA

Docente: Gianpaolo Salmoiraghi

Tipo: 80 ore di lezione, annuale, IV anno

Esame: orale

Scopo del corso: Contribuire a formare negli studenti la mentalità e la capacità di analizzare le problematiche ambientali da molteplici punti di vista avvalendosi, per l'interpretazione, delle svariate misure con le quali si possono quantizzare le componenti ambientali. In sintesi si cercherà di fornire una visione integrata dell'ambiente e comprendere il delicato rapporto ambiente naturale/ambiente artificiale e l'interazione uomo-ambiente.

Contenuto del corso: Analisi dei percorsi ambientali, sia naturali che controllati di elementi e sostanze. Dagli aspetti inerenti la produzione e la decomposizione si andranno a valutare gli stati di trofia degli ambienti acquatici e il grado di inquinamento degli ecosistemi. I modelli di diffusione degli inquinanti nell'ambiente saranno affrontati una volta acquisiti, in aula, in laboratorio e in campo le cognizioni di base e le capacità operative per la conduzione di un articolato monitoraggio che contempli sia gli aspetti fisici e chimici che quelli biologici. Il biomonitoraggio, in particolare sarà sviluppato con

l'uso di indici di diversità ed indici biotici, indici strutturali e funzionali, indici integrati, scale di qualità applicate a casi reali. Anche i biosaggi e i test di tossicità acuti e cronici, eseguiti dagli studenti in laboratorio nell'ambito dell'ecotossicologia, saranno sviluppati all'interno della bioinformazione e quindi del biomonitoraggio.

La parte del corso riguardante la conservazione e il riequilibrio di popolazioni e comunità sarà sviluppata su casi concreti e saranno messe a confronto diverse tecniche di intervento per il mantenimento delle specie rare e quelle autoctone. Lezioni, esercitazioni e seminari riguarderanno la trasformazione degli ecosistemi naturali in ambienti artificiali e in ambienti controllati prendendo come campo d'indagine la manipolazione dei corsi idrici e gli effetti biologici delle regimazioni idrauliche. In questo settore si amplieranno le conoscenze sull'ingegneria naturalistica, la biomanipolazione e il ruolo della vegetazione riparia.

L'argomento conclusivo del corso (Valutazione di Impatto Ambientale) permette una sintesi applicata dei molteplici punti trattati precedentemente ed offre lo spunto per l'impostazione di uno Studio di impatto ambientale (S. I. A.).

Testi consigliati

SOCIETÀ ITALIANA DI ECOLOGIA, *Ecologia Applicata*, a cura di Roberto Marchetti, CittàStudi Edizioni, Milano.

R. VISMARA, *Ecologia Applicata*, Hoepli, Milano.

ECOLOGIA UMANA

Docente: Davide Pettener

Contenuto del corso:

Evoluzione del rapporto uomo-ambiente

Ambiente naturale e ambiente umano. Ecosistemi umani. Flussi di energia, catene alimentari e capacità portante in ecosistemi umani. Cambiamenti climatici e ambientali nella storia evolutiva umana. Il popolamento umano: origini e diffusione. I cacciatori-raccoglitori. La transizione neolitica. La domesticazione delle piante e le origini dell'agricoltura. La domesticazione degli animali. Economia di produzione delle risorse alimentari. Variazioni dell'indice di rendimento energetico.

L'adattabilità umana

Nicchie ecologiche e adattamento biologico. Stress ambientali, omeostasi e adattabilità umana. Acclimatazione fisiologica. Acclimatazione durante lo sviluppo. Adattamento genetico. Adattamento culturale e interazioni bioculturali. Clima e variazioni di caratteri morfometrici. La variabilità dei caratteri fisiologici. Significato adattativo di polimorfismi genetici. Climi e biomi. Adattabilità umana agli ambienti climatici. Adattamenti biologici e culturali in ambienti estremi: la savana, le aree desertiche, la foresta equatoriale, le aree circumpolari, le elevate altitudini.

Ambiente e dinamico di popolazioni umane

Struttura, accrescimento e regolazione delle popolazioni umane. Le misure dell'incremento demografico. La transizione demografica. Popolazione, nutrizione e ambiente alimentare. Risorse e popolazione. Ambiente e malattie: aspetti ecologici.

Uomo e ambiente.- situazione e prospettive

Dall'ambiente naturale all'ambiente umano. Origine dell'urbanizzazione. La città come sistema ecologico. Ripercussioni demografiche e biologiche dell'urbanizzazione. Problemi di tutela e conservazione dell'ambiente. La valutazione di impatto ambientale. La transizione ecologica.

Testi consigliati

M. CRESTA, *Ecologia Umana*, ISEDI, Roma, 1987.

G.A. HARRISON (ed.), *Human adaptation*, Oxford University Press, 1993.

F. FACCHINI, *Evoluzione, uomo e ambiente*, UTET, Torino, 1988.

E. ODUM, *Ecologia per l'ambiente*, Piccin, Padova, 1987.

ECOLOGIA VEGETALE

Docente: Carlo Ferrari

ENTOMOLOGIA

Tipo: mutuato da Scienze Naturali.

FARMACOLOGIA

Docente: Moreno Paolini

Tipo: 45 ore, semestrale, II semestre, IV anno

Esame: orale

Contenuto del corso:

A. PRINCIPI GENERALI

Farmacocinetica - Passaggio dei farmaci attraverso le membrane cellulari; vie di somministrazione; assorbimento; distribuzione; biotrasformazione; enzimi e sistemi di fase I, II e III, concetti di induzione e inattivazione, ruolo nella detossificazione e bioattivazione, potenzialità applicative della modulazione dell'attività in vitro (genotossicità) ed in vivo (chemioprevenzione); escrezione; andamento temporale della

concentrazione plasmatica per somministrazione singola e ripetuta.

Farmacodinamica - Sedi e meccanismi d'azione; i recettori; relazione dose-risposta; farmaci agonisti, antagonisti parziali, antagonisti; fattori che modificano l'azione dei farmaci; interazioni tra farmaci; tolleranza; effetto placebo.

Farmacogenetica - Considerazioni generali sui disordini farmacogenetici; polimorfismi "post-ossidativi" (acetil-transferasi, glutatione S-transferasi, ecc.) e "ossidativi" (CYP2D6, CYP1A1, ecc.); ruolo dei polimorfismi in farmacologia (panels) e tossicologia; analisi del genotipo e fenotipo nella popolazione; polimorfismo e oncogeni (proto-oncogeni e geni tumore soppressori); predisposizione e suscettibilità; primi approcci di terapia genica.

Tossicità - Effetti collaterali da iperdosaggio, idiosincrasia, allergie; progetto farmaco; buone pratiche di laboratorio; sperimentazione animale, limiti etici e scientifici; colture cellulari; tossicità acuta, sub-acuta e cronica; mutagenesi; cancerogenesi; embriotossicità; test ed allocazioni; le fasi dello sviluppo clinico.

B. FARMACOLOGIA SPECIALE

Effetti farmacologici, meccanismi d'azione, caratteristiche farmacocinetiche e principali effetti tossici di farmaci rappresentativi delle seguenti classi: simpaticomimetici e simpaticolitici; parasimpaticomimetici e parasimpaticolitici; glicosidi cardioattivi; antiinfiammatori non steroidei e steroidei; ansiolitici e sedativo-ipnotici; antipsicotici; antidepressivi; anti-parkinsoniani; anticoagulanti; antistaminici.

C. CHEMIOTERAPIA

Meccanismi generali della azione antibatterica; la resistenza batterica; la chemioprolifassi; associazione di farmaci antimicrobici. Meccanismo dell'azione antibatterica, spettro d'azione, tossicità dei seguenti chemioterapici: -lattamine, macrolidi, aminoglicosidi, tetraciline, cloramfenicolo, sulfamidici, chinoloni, antitumorali, cenni su alcuni antiprotozoari.

Testi consigliati

L.M. FUCCELLA, E. PERRUCCA, C. SIRTORI, *Farmacologia Clinica*, UTED, Torino, 1998

B. G. KATZUNG, *Farmacologia Generale e Clinica*, Casa Editrice Piccin, Padova, 1992.

KALANT ROSCHLAU, *Elementi di Farmacologia e Terapia Medica*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 1992.

FISICA

Docenti: Giovanni Venturoli (A-L), Paola Fantazzini (M-Z)

Tipo: 80 ore di lezione, II semestre, I° anno

Esame: scritto e orale; l'esame orale può essere sostenuto in qualunque appello dello stesso anno accademico in cui si è superata la prova scritta

Scopo del corso: Fornire i principi di base della fisica classica ed alcuni elementi introduttivi alla fisica moderna, ponendo l'accento sugli aspetti metodologici. Trattare

inoltre alcuni argomenti specifici utili alla comprensione in termini fisici di processi e tecnologie di interesse biologico. L'apprendimento dei principi generali sarà consolidato attraverso lo svolgimento di esercizi e problemi. Per seguire proficuamente il corso e sostenere l'esame è necessario che lo studente abbia assimilato i contenuti del corso di Istituzioni di Matematica.

Contenuto del corso: Cinematica. Principi della dinamica del punto materiale. Forza di gravitazione. Lavoro ed energia cinetica. Energia potenziale e conservazione dell'energia meccanica. Elementi di dinamica dei sistemi. Teoremi della quantità di moto e del momento angolare. Condizioni di equilibrio. Elementi di statica dei corpi rigidi. Statica dei fluidi. Dinamica dei fluidi ideali. Viscosità. Sedimentazione e centrifugazione. Fenomeni molecolari nei liquidi. Temperatura e teoria cinetica dei gas. Il calore e il primo principio della termodinamica. Il secondo principio della termodinamica. L'entropia e la sua interpretazione statistica. Elettrostatica. Conduzione elettrica e circuiti a corrente continua. Il campo magnetico statico. Induzione elettromagnetica. Moto ondulatorio. Onde elettromagnetiche. Proprietà ondulatorie della luce. Ottica geometrica. Introduzione alla fisica quantistica.

Testi consigliati

D. HALLIDAY, R. RESNICK, J. WALKER, *Fondamenti di Fisica*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

E. RAGOZZINO, M. GIORDANO, L. MILANO, *Fondamenti di Fisica*, EdiSES, Napoli.

R. A. SERWAY, *Principi di Fisica*, EdiSES, Napoli.

G. ROBERTI, P. RUSSO, *Esercizi di Fisica Biomedica*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

G. RUFFO, *Problemi di Fisica*, Zanichelli, Bologna.

FISIOLOGIA GENERALE II

Docente: Vittorio Tomasi

Tipo: Indirizzo Bio-evolutivo Umano, 40 ore di lezione e esercitazioni, 2° semestre, 4° anno

Esame: orale più preparazione di un argomento specialistico

Contenuto del corso: Adattamento dell'uomo all'ambiente: aspetti molecolari, immunologici e fisiopatologici. Controllo endocrino dell'accrescimento. Controllo endocrino della calcemia in rapporto alla formazione dell'osso. Fisiopatologia della riproduzione. Alimentazione ed accrescimento. Il sistema nervoso centrale: aspetti evolutivisti-funzionali. I ritmi biologici.

Testi consigliati

AGNOLI, LICASTRO, ZAVAGLIE TOMASI, *Fisiopatologia*, voll. I e II, Ed. CLUEB, Bologna

FOTOBIOLOGIA**Docente: Giovanni Venturoli****Tipo:** 40 ore di lezione, 2° semestre, 4° o 5° anno**Esame:** orale

Scopo del corso: Fornire strumenti teorici ed illustrare approcci sperimentali di utilità generale nello studio dei processi fotobiologici a livello molecolare. Utilizzare le metodologie introdotte per l'analisi dettagliata di specifici processi inerenti la fotosintesi e la fotorecezione. Porre lo studente in condizione di seguire la rapida evoluzione a carattere interdisciplinare in atto nella ricerca fotobiologica.

Contenuto del corso: Interazione luce-materia. Complementi di spettroscopia di assorbimento e di emissione. Efficienza quantica di un processo fotochimico. Trasferimento dell'energia di eccitazione elettronica. Modello di Förster. Reazioni di trasferimento di elettroni: teoria di Marcus e modelli quantistici. Gli eventi primari della fotosintesi. Struttura e funzione dei sistemi antenna negli organismi fotosintetici anossigenici ed ossigenici. Proprietà e regolazione del ciclo delle xantofille. Il centro di reazione batterico: struttura, cinetica del trasferimento di elettroni ed eventi di protonazione. Metodi spettroscopici ed elettrochimici nello studio di processi elettrogenici. Reazioni primarie della fotosintesi ossigenica. Struttura e funzione del fotosistema I e II. Meccanismo di azione degli erbicidi. La reazione di sviluppo dell'ossigeno: studi strutturali, termodinamici e cinetici. Meccanismi molecolari della fotoinibizione. Struttura e ciclo della batteriorodopsina. Fotochimica dei recettori visivi.

Il corso comprende due esercitazioni pratiche: (a) introduzione all'uso di software per la visualizzazione interattiva della struttura atomica di un centro di reazione e di un sistema antenna; (b) studio di reazioni di trasferimento di elettroni catalizzate da centri di reazione fotosintetici mediante spettroscopia a flash risolta nel tempo.

Testi consigliati

K. C. SMITH (a cura di), *The Science of Photobiology*, Plenum Press, 1989.

D. P. VALENZANO, R. H. POTTIER, P. MATHIS, R. H. DOUGLAS (a cura di), *Photobiological Techniques*, Plenum Press, 1991.

R. K. CLAYTON, *Photosynthesis. Physical Mechanisms and Chemical Patterns*, Cambridge University Press, 1980.

D. R. ORT, C. F. YOCUM (a cura di), *Oxygenic Photosynthesis: The Light Reactions*, Kluwer Academic Publishers, 1996.

GENETICA**Docenti:** Maria Luisa Vanelli (A-L), Domenico Palenzona (M-Z)**Tipo:** 80 ore di lezione, II anno, II semestre**Esame:** orale

Scopo del corso: Fornire le conoscenze di base delle metodologie genetiche e gli elementi necessari ad affrontare le problematiche genetiche avanzate; chiarire le relazioni della Genetica con il metodo scientifico e con discipline attinenti come la Biometria, Biologia molecolare e la Chimica biologica; fornire gli elementi logici necessari a comprendere gli sviluppi successivi delle teorie genetiche.

Per sostenere l'esame è consigliabile una buona conoscenza della Biometria, della Chimica biologica e della Biologia molecolare.

Contenuto del corso: Analisi genetica mendeliana. Regole del calcolo delle probabilità e analisi statistica delle frequenze. Teoria cromosomica dell'eredità: determinazione del sesso e caratteri legati al sesso. Estensioni dell'analisi mendeliana. Genotipo e fenotipo. Genetica dei caratteri quantitativi. Genetica delle popolazioni ed evoluzionistica. Associazione, ricombinazione e mappe genetiche. Genetica dei batteri e dei batteriofagi. Natura molecolare e replicazione del materiale genetico. Il codice genetico. Funzione e struttura del gene. La mutazione. Cariotipo e mutazioni cromosomiche. Regolazione genica nei procarioti e negli eucarioti. Elementi trasponibili: aspetti fondamentali. Eredità extranucleare. Cenni sulla manipolazione, clonaggio ed analisi del DNA.

Testi consigliati

A. J. F. GRIFFITHS et al., *Genetica: principi di analisi formale*, Zanichelli.

P. J. RUSSEL, *Genetica*, Edises.

F. J. AYALA, J. A. KIGER Jr., *Genetica moderna*, Zanichelli.

W. D. STANSFIELD, *Genetica, teoria e problemi*, McGraw-Hill (Mi).

B. LEWIN, *Genes V*, Oxford University Press.

**GENETICA DI POPOLAZIONI E BIOLOGIA UMANA
(Corso Integrato)****GENETICA DELLE POPOLAZIONI****Docente:** Enrico Silveti**Tipo:** 45 ore di lezione, 1° semestre, 4° anno**Esame:** orale

Scopo del corso: Dare i principi per interpretare i processi ed i meccanismi con cui si verificano i cambiamenti evolutivi e per descrivere e spiegare le popolazioni di organismi.

Contenuto del corso: Trasmissione e distribuzione del materiale genetico (segregazione, indipendenza, alleli multipli, effetti dell'ambiente, caratteri legati al sesso). Struttura e modificazione del materiale genetico (associazione e ricombinazione, variazione del numero dei cromosomi, modificazioni della struttura dei cromosomi, mutazione genica, agenti mutageni). Destino del materiale genetico nelle popolazioni (frequenze geniche ed equilibrio, fattori che modificano le frequenze geniche, inincrocio ed eterosi, struttura genetica delle popolazioni). Popolazioni vegetali (genetica ecologica, interazioni intraspecifiche, dinamica delle popolazioni, dinamica delle popolazioni strutturate, evoluzione dei cicli vitali).

BIOLOGIA UMANA

Docente: Davide Pettener

Contenuto del corso:

Accrescimento, composizione corporea e invecchiamento

Biomeccanica dell'apparato locomotore, dello scheletro facciale, del neurocranio nei Primati non umani e nell'Uomo. Modificazioni evolutive dell'encefalo. La crescita prenatale e postnatale. Le curve dell'accrescimento. Organizzazione dei processi accrescitivi. Lo sviluppo puberale e postpuberale. Interazione tra eredità e ambiente nel processo dell'accrescimento. Metodi di studio dell'accrescimento e gli standard della crescita. Metodi di studio della composizione corporea. Variazioni della composizione corporea con l'età e nei due sessi. Criteri e metodi diagnostici del biotipo. Tipi morfologici e costituzionali. Implicazioni funzionali e relazioni con l'ambiente. La valutazione dell'età biologica. I processi biologici di invecchiamento cellulare. Le modificazioni biochimiche, morfometriche e funzionali dell'età senile. Interpretazioni del fenomeno dell'invecchiamento.

Biologia delle popolazioni umane

Definizione di popolazione umana. Barriere riproduttive e struttura matrimoniale. Valutazione quantitativa dell'isolamento: endogamia e distanze matrimoniali. Lo studio degli isolati. L'equilibrio di Hardy-Weinberg. Calcolo delle frequenze genotipiche e alleliche. Unioni casuali e assortative. La consanguineità ed i metodi per il calcolo del coefficiente di inbreeding in un individuo e in una popolazione. Deriva genetica e suddivisione delle popolazioni. Migrazioni e flusso genico. Selezione naturale, fitness darwiniana e coefficiente di selezione. I polimorfismi genetici:

- Sistemi gruppo ematici, sistemi isoenzimatici eritrocitari, sistemi sieroproteici.
- Il sistema di istocompatibilità HLA.
- Le emoglobinopatie.
- I polimorfismi del DNA: aspetti metodologici e applicativi.

Metodi di analisi della variabilità biologica tra popolazioni. Le mappe genetiche: storia e geografia dei geni umani.

Testi consigliati

G.A. HARRISON, J.M. TANNER, D.R. PILBEAM, P.T. BAKER, *Biologia umana*, Piccin, Padova, 1994.

F. FACCHINI, *Evoluzione, Uomo, Ambiente. Lineamenti d'Antropologia*, UTET, Torino, 1988.

L.L. CAVALLI-SFORZA, P. MENOZZI, A. PIAZZA, *The history and geography of human genes*, Princeton University Press, 1994.

**GENETICA II, GENETICA MOLECOLARE, LABORATORIO DI GENETICA MOLECOLARE
(Corso Integrato)**

Docenti: Giuliano Della Valle, Giuseppe Gargiulo, Elena Maestrini

GENETICA II

Tipo: 40 ore di lezione, 4° anno

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire approfondimenti di genetica molecolare, con particolare riguardo: A) alla organizzazione funzionale del genoma degli eucarioti; B) alle più recenti metodologie per l'analisi del genoma, la localizzazione di geni sui cromosomi e il loro isolamento; C) a tecniche di trasferimento di geni in cellule eucariotiche e in organismi.

Contenuto del corso: Organizzazione complessiva del genoma negli organismi eucariotici. Struttura e modalità di trasmissione dei DNA mitocondriale e cloroplastico. Caratteristiche funzionali dei cromosomi eucariotici: origini di replicazione, centromeri e telomeri. Riarrangiamenti programmati del genoma, immunogenetica. La trasposizione nei batteri e negli eucarioti. Mutazioni e variabilità genetica. Studio dell'eredità in famiglie ed analisi di linkage: patologie ad eredità Mendeliana, patologie ad eredità multifattoriale. Mappaggio del genoma umano. Strategie per l'identificazione di geni responsabili di patologie ereditarie. Imprinting genomico. L'inattivazione del cromosoma X. Trasferimento di geni in cellule eucariotiche, ricombinazione omologa ed eterologa, correzione genica, inattivazione genica. Organismi transgenici. Strategie per l'identificazione e il clonaggio di oncogeni cellulari e di geni soppressori della crescita tumorale. Determinazione cromosomica e genica del sesso. Sistemi generali di controllo dell'espressione genica negli eucarioti.

Testi consigliati

G.D. WATSON ET AL., *Recombinant DNA* (II ed.); Scientific American Books, W. H. Freeman and Company, New York.

T. STRACHAN E A.P. READ, *Genetica Umana Molecolare*, Ed. UTET

L. DE CARLI ET AL., *Genetica Generale ed Umana* Vol. II, Piccin Ed.

GENETICA MOLECOLARE

Tipo: 40 ore di lezione, 2° semestre

Scopo del corso: Fornire approfondimenti di genetica molecolare, con particolare riguardo al controllo dell'espressione genica durante lo sviluppo.

Testi consigliati

A.S. WILKINS, *Genetic analysis of animal development* (II Edition.) - Wiley-Liss.

LABORATORIO DI GENETICA MOLECOLARE

Tipo: V anno, 1° semestre

Contenuto del corso

- 1) ANATOMIA: ricerca immunoenzimatica di antigeni virali (in particolare di epatite) presso il laboratorio del Centro Trasfusionale dell'Avis.
- 2) FARMACOLOGIA: bioattivazione degli xenobiotici (HPLC preparazione frazioni subcellulari spettrofluorimetria, fluorimetria)
- 3) FISILOGIA: studio del differenziamento e dell'apoptosi in linee cellulari.
- 4) IGIENE:
ricerca culturale degli indicatori batterici e dei patogeni ambientali emergenti in ambiente idrico;
ricerca culturale degli indicatori batterici patogeni in ambienti:
identificazione microscopica biochimica e sierologica di batteri isolati da matrici ambientali e alimentari.
- 5) PATOLOGIA GENETICA:
analisi di mutazioni puntiformi e polimorfiche per la diagnosi di malattie genetiche;
analisi di amplificazioni di triplete;
analisi di amplificazioni genetiche nelle neoplasie.

GENETICA QUANTITATIVA**Docente: Maria Luisa Vanelli****Tipo:** 40 ore di lezione, I semestre, IV o V anno**Esame:** orale

Scopo del corso: Fornire la base teorica e descrivere gli aspetti sperimentali principali utili alla comprensione dei principi genetici che sono sottesi alle differenze quantitative. Si presentano le principali applicazioni della genetica quantitativa nel campo della biologia evolutiva di animali non domestici in ambiente naturale e del miglioramento animale e vegetale.

Contenuto del corso:

- Variabilità biologica: relazione geni-caratteri. Distribuzioni genotipiche e fenotipiche. Variazione quantitativa ed eredità poligenica.
- Metodi di analisi di caratteri quantitativi: modello lineare additivo e composizione del valore fenotipico. Componenti della varianza fenotipica. Covarianza genetica e covarianza ambientale. Correlazione genetica e stime di ereditabilità. Selezione artificiale ed inincrocio.
- Caratteri quantitativi e selezione naturale: norma di reazione. Trade-offs. Evoluzione dei principali caratteri del ciclo biologico (età e dimensione alla maturità sessuale, numero e dimensione della progenie, durata della vita e invecchiamento.)

Per sostenere l'esame è consigliabile una buona conoscenza della Biometria e della Genetica.

Testi consigliati

D. S. FALCONER, *Introduction to Quantitative Genetics* (1991), Longman Scientific & Technical.

S. C. STEARNS, *The evolution of life Histories* (1992), Oxford University Press.

K. MATHER, J. L. JINKS, *Biometrical Genetics* (1971), Chapman and Hall.

GENETICA VEGETALE**Docente: Rita Alicchio****Tipo:** 40 ore di lezione, 1° semestre, 4° e 5° anno**Esame:** orale, presentazione e discussione di articoli scientifici e review

Scopo del corso: il corso affronta alcune delle problematiche legate alla complessità genetica delle piante, quali la presenza di genomi nucleari, cloroplastici e mitocondriali, la variazione in dimensione dei genomi, quantità e ruolo delle sequenze ripetute, variazione in ploidia e meccanismi evolutivi connessi e aspetti di regolazione genica legati alla presenza di elementi trasponibili e al dosaggio genico.

Contenuto del corso: Dimensione dei genomi vegetali. Paradosso del valore C. Relazione tra C e ciclo cellulare, ciclo generazionale, dimensione cromosomica. Il genoma semplice di *Saccharomyces*. Cinetica di riassociazione del DNA in eucarioti superiori. Sequenze ripetute e loro localizzazione (eterocromatina telomerica, pericentromerica, Knobs, cromosomi accessori). DNA satellite e telomeri: localizzazione, sequenza, organizzazione e possibile funzione. Rotture cromosomiche e cicli BFB (Studi di MacKintock). Individuazione famiglie di elementi trasponibili nel mais. Organizzazione del gene eucariotico: analisi dei promotori di geni vegetali. Piante transgeniche e meccanismi di trasferimento del DNA. Accenni alla biologia di *Agrobacterium*. Transgeni e silenziamento, cosoppressione. Gli introni dei geni delle piante. Isolamento e caratterizzazione dei geni *Adh*. La famiglia genica di Rubisco e sua evoluzione. Geni per RNA ribosomiale, organizzazione in cluster e loro evoluzione concertata. Organizzazione e funzione dei genomi cloroplastici e mitocondriali. Meccanismi molecolari per l'omogenizzazione delle sequenze ripetute e fissazione di varianti nelle popolazioni (molecular drive). Turnover delle sequenze ripetute e divergenze tra genomi. Sequenze ripetute specie-specifiche e speciazione. Distanze genetiche tra popolazioni e specie sulla base di frequenze alleliche di isozimi, ibridazione DNA e stabilità termiche, GISH, marcatori RFLP, RAPD. Confronto tra mappe RFLP e sintenia. Evoluzione delle triticeae e avenae. Identificazione dei progenitori diploidi delle specie allopoliploidi. Fenogrammi e cladogrammi.

Testi consigliati

- A. BIANCHI, C. LORENZONI, F. SALAMINI, *Genetica dei cereali*. Edagricole, Bologna, 1989
B. HOHN, E. S. DENNIS, *Genetic flux in plants*. Springer Verlag, Berlin, 1982
G. A. DOVER, R. B. FLAVELL, *Genome evolution*, Academic Press, 1982
J. P. GUSTAFSON, R. B. FLAVELL, *Genomes of plants and animals*. Plenum Press, 1995

IDROBIOLOGIA E PESCOLTURA

Docente: Giuliano Bonomi

Tipo: complementare mutuato da Sc. Naturali. 40 ore.

Esame: orale

IGIENE**Docente: Erica Leoni****Tipo:** 80 ore di lezione, comprendenti esercitazioni pratiche e viaggi di istruzione. V anno, indirizzo Fisiopatologico**Esame:** orale

Scopo del corso: Fornire le conoscenze di base del metodo epidemiologico. Analizzare i rapporti tra salute umana e fattori ambientali, comportamentali e genetici. Approfondire gli aspetti analitici per l'accertamento diagnostico delle malattie infettive. Conoscere le modalità della prevenzione e la loro applicazione nella difesa della salute.

Contenuto del corso: Il ruolo dell'igiene nella organizzazione sanitaria contemporanea. La dinamica salute/malattia: la causalità e gli agenti eziologici; il rischio ed i fattori di rischio. I modelli di malattia: malattie infettive, malattie multifattoriali, malattie genetiche, malattie a causalità diretta. Epidemiologia descrittiva: comportamento delle malattie nelle collettività e indicatori delle condizioni sanitarie della popolazione. Epidemiologia costruttiva: studi trasversali, studi di coorte, studi caso-controllo. Epidemiologia sperimentale.

Nozioni generali di prevenzione: prevenzione primaria; prevenzione secondaria; prevenzione terziaria; gli strumenti della prevenzione: la prevenzione diretta alle persone e all'ambiente (lotta agli agenti eziologici ed ai fattori di rischio delle malattie).

Rapporti tra ambiente e salute: l'acqua e i criteri di qualità di un'acqua potabile; aspetti microbiologici e fisico-chimici; indicatori e metodi di analisi; principali sistemi di potabilizzazione. L'igiene degli alimenti; la conservazione degli alimenti; le principali tossinfezioni alimentari. Il latte e il trattamento igienico del latte.

Epidemiologia e prevenzione delle principali malattie infettive a diffusione aerea; a trasmissione oro-fecale; a trasmissione ematica e/o sessuale; trasmesse da vettori; zoonosi; malattie parassitarie da endoparassiti e da ectoparassiti.

Testi consigliati

S. BARBUTI, E. BELLELLI, G.M. FARA, G. GIAMMANCO, *Igiene*, Ed. Monduzzi, Bologna, 1995.

F. BIANUCCI, P. LEGNANI, *Elementi di Igiene e Medicina Preventiva*, Ed. Esculapio, Bologna, 1998.

IGIENE AMBIENTALE**Docente: Fabrizio Bianucci**

ISTITUZIONI DI MATEMATICHE**Docenti:** Gabriele Pellacani, Giovanna Pettini**Tipo:** 80 ore di lezioni ed esercitazioni, 1° semestre, 1° anno**Esame:** orale. È facoltativa una prova scritta consistente nella risoluzione di esercizi; per chi supera tale prova l'orale verterà prevalentemente sulla parte teorica.

Scopo del corso: Fornire gli strumenti per l'acquisizione delle principali nozioni matematiche di base del calcolo differenziale e integrale e della geometria analitica, in vista delle applicazioni in ambito biologico.

Contenuto del corso: Insiemi. Numeri reali e complessi. Piano e spazio euclideo. Matrici. Sistemi di equazioni lineari. Funzioni di una variabile reale: limiti, derivate, studio di funzioni (razionali, irrazionali, esponenziali, logaritmiche, trigonometriche). Cenni su funzioni di più variabili reali: derivate parziali, massimi e minimi. Integrale secondo Riemann. Integrali generalizzati. Integrali di linea, forme differenziali esatte.

Testi consigliatiG. PELLACANI, G. PETTINI, C. VETTORI, *Istituzioni di matematica*, Clueb, Bologna.G. PELLACANI, G. PETTINI, C. VETTORI, *Esercizi di matematica*, Clueb, Bologna.**LABORATORIO DI BIOLOGIA COMPUTAZIONALE I****Docente:** Francesco Zaccanti**Tipo:** Indirizzo Bioevolutivo Umano e Bioecologico**LABORATORIO DI BIOLOGIA COMPUTAZIONALE I****Docente:** Ivan Rossi**Tipo:** 40 ore, indirizzo Biomolecolare e Fisiopatologico**Esame:** Giudizio di merito; frequenza obbligatoria per almeno l'80% del tempo.**Contenuto del corso**

Il corso, di carattere sperimentale ed interattivo, fornisce alcuni elementi di base per l'uso del personal computer, ed in particolare l'uso di sistemi operativi quali Windows 95/98. Vengono svolte le seguenti esercitazioni: uso di Excel per la costruzione di grafici; modalità per la costruzione di tabelle, istogrammi e statistiche con esempi ricavati da problemi di analisi dati in biologia; uso di un programma di video-scrittura; uso di un programma di grafica molecolare. Il corso prevede la soluzione di alcuni test specifici da

parte dello studente per verificare le nozioni acquisite.

LABORATORIO DI BIOLOGIA COMPUTAZIONALE II

Docente: Ivan Rossi

Tipo: Indirizzo Bioevolutivo Umano e Bioecologico

LABORATORIO DI BIOLOGIA COMPUTAZIONALE II

Docente: Rita Casadio

Tipo: 40 ore, indirizzo Biomolecolare e Fisiopatologico

Esame: Giudizio di merito; frequenza obbligatoria per almeno l'80% del tempo.

Contenuto del corso

Internet e i siti WEB. La banche dati in Biologia. La biologia in silico. Data mining. Analisi di sequenze di acidi nucleici e proteine. Svolgimento di una ricerca in Internet e valutazione critica dei dati ottenuti, nonché loro impaginazione e graficazione da concordarsi con il docente.

LABORATORIO DI BIOLOGIA SPERIMENTALE I

Docente: Luigi Villani (coordinatore)

Tipo: 40 ore di laboratorio, II anno

Esame: prova scritta

Scopo del corso: Dare i principi di base sulle tecniche morfologiche e biochimiche per lo studio dei tessuti animali e vegetali e porre lo studente in grado di comprendere lo scopo dell'impiego di specifiche metodiche nella ricerca di base.

Contenuto del corso: Il corso comprende una serie di lezioni teoriche introduttive sulle tecniche morfologiche e biochimiche per permettere agli studenti di affrontare le esercitazioni pratiche che sono svolte direttamente dagli studenti in laboratorio relativamente a: Dissezione di un vertebrato; prelievo di campioni di tessuto, fissazione, inclusione e taglio con microtomo rotativo e con microtomo congelatore. Colorazione delle sezioni con ematossilina eosina e con verde di metile pironina per gli acidi nucleici. Preparazione di uno striscio di sangue, colorazione e calcolo della formula leucocitaria e

conteggio dei globuli bianchi e rossi. Individuazione delle caratteristiche anatomiche da pezzi scheletrici umani. Studio della germinazione del polline e formazione dell'embrione vegetale. Estrazione ed analisi di pigmenti fotosintetici. Misurazione della concentrazione di una proteina con il metodo spettrofotometrico.

LABORATORIO DI BIOLOGIA SPERIMENTALE II

Docente: Elena Del Grosso

Tipo: 40 ore di laboratorio, III anno

Esame: prova scritta

Scopo del corso: Fornire gli strumenti teorici e tecnici che consentono di progettare un disegno sperimentale, analizzarne ed interpretarne i risultati necessari non solo per la ricerca ma anche per le competenze professionali del Biologo.

Contenuto del Corso: Esercitazioni nel settore della Zoologia, Botanica, Microbiologia, Genetica, Antropologia e Fisiologia.

LABORATORIO DI BIOLOGIA UMANA APPLICATA (I semestre)

Docente: Emanuela Gualdi

LABORATORIO DI BIOLOGIA UMANA APPLICATA (II semestre)

Docente: Davide Pettener

**LABORATORIO DI FISICA E METODI MATEMATICI E STATISTICI
(Corso Integrato)**

LABORATORIO DI FISICA

Docente: Francesco L. Navarra (A-L) + Barbara Pecori (M-Z)**Tipo:** 40 ore di lezione + attività di laboratorio, 1° semestre, 2° anno**Esame:** scritto e orale

Contenuto del corso: Incertezze sperimentali assolute e relative, cifre significative, ordine di grandezza, approssimazioni nei calcoli. Propagazione delle incertezze: stima dell'incertezza massima. Rappresentazione dei dati sperimentali: istogrammi e grafici. Linearizzazione di una relazione fra variabili (quadratica, inversamente proporzionale, esponenziale) mediante rappresentazione grafica e calcolo dei parametri caratteristici. Ricerca di una legge fenomenologica. Confronto fra previsioni teoriche e dati sperimentali. Studio sperimentale di fenomeni: moto di una pallina che rimbalza, moto del pendolo, andamento della temperatura di un corpo che si raffredda, trasformazioni isoterme dell'aria.

Misure ripetute, media, scarto quadratico medio della misura e della media, errore. Errori. Sensibilità degli strumenti. Errori casuali, distribuzione normale degli errori. Misure indirette, propagazione degli errori di misura. Combinazione di misure separate, media e media pesata. Conteggi, distribuzione binomiale e distribuzione di Poisson. Errore statistico sui conteggi. Rigetto di dati. Approssimazione gaussiana a binomiale e poissoniana. Confronto di distribuzioni e di ipotesi. Test statistici. Test chi quadro di distribuzione e di un fit. Minimi quadrati, regressione lineare. Covarianza, coefficiente di correlazione.

Esercitazioni di laboratorio: Misura del periodo di un pendolo; Misure di grandezze elettriche; Conteggi con contatore Geiger; Misura del calore specifico.

Testi consigliati

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

M. CAPORALONI, S. CAPORALONI, R. AMBROSINI, *La misura e la valutazione della sua incertezza nella fisica sperimentale*, Zanichelli, Bologna, 1987.

METODI MATEMATICI E STATISTICI

Docente: Carla Vettori**Esame:** Prova scritta su esercizi ed orale, integrato con Laboratorio di Fisica.

Scopo del corso: Fornire i fondamenti matematici per la modellizzazione dei fenomeni biologici con particolare riguardo ai modelli di dinamica di popolazioni. Dare le basi della probabilità per le applicazioni statistiche e biometriche.

Contenuto del corso

Equazioni differenziali del 1° ordine: equazioni lineari, equazioni a variabili separabili, equazioni di Bernoulli.

Modelli di dinamica di una popolazione isolata: metodo di Malthus, modello di Verhulst.

Equazioni differenziali lineari d'ordine $n > 1$: soluzione generale. Soluzione delle equazioni lineari omogenee a coefficienti costanti e delle equazioni lineari omogenee con termine noto del tipo: esponenziale, polinomiale, combinazione lineare di funzioni trigonometriche.

Richiami sulle funzioni di più variabili reali. Sistemi di equazioni differenziali del 1° ordine. Punti di equilibrio e stabilità. Analisi qualitativa per sistemi di due equazioni differenziali. Modelli di cinetica di reazioni chimiche.

Modelli di dinamica di due popolazioni: predazione, cooperazione, competizione.

Calcolo combinatorio. Definizione di probabilità. Spazio degli eventi. Probabilità condizionata. Teorema di Bayes. Applicazione ai test diagnostici e concetto di rischio relativo. Prove ripetute. Prove di Bernoulli e distribuzione binomiale. Legge di Hardy-Weinberg.

Variabili aleatorie discrete e continue. Media, varianza e distribuzioni di probabilità. Distribuzione normale, distribuzione di Poisson, distribuzione t di Student e loro utilizzo in statistica. Distribuzione delle medie campionaria. Intervalli fiduciari della media.

Testi consigliati

V. COMINCIOLI, *Problemi e modelli matematici nelle scienze applicate*, Casa editrice Ambrosiana

S. LIPSCHUTZ, *Calcolo delle probabilità* (Schaum's) Mc Graw-Hill

G. PELLACANI, G. PETTINI, C. VETTORI, *Istituzioni di Matematica*, Clueb.

G. PRODI, *Metodi matematici e statistici*, McGraw-Hill.

**LABORATORIO DI FISIOLOGIA E LABORATORIO DI PATOLOGIA
(Corso Integrato)**

Docenti: Giovanna Bartolini, Annalisa Pession

LABORATORIO ECOLOGICO

Docente: Giovanni Cristofolini

Tipo: semestrale

**MICROBIOLOGIA APPLICATA E TECNICHE MICROBIOLOGICHE
(Corso Integrato)****Docente: Davide Zannoni, Stefano Fedi****Tipo:** 40 ore di lezione, I semestre, V anno, indirizzo Biomolecolare**Esame:** orale

Scopo del corso: Fornire indicazioni sia sugli approcci biotecnologici di miglioramento del microorganismi da utilizzare industrialmente, sia sui processi di colture industriali e sulle produzioni microbiologiche economiche su larga scala. Dare gli strumenti per valutare il rischio di infezione in laboratorio e nell'ambiente, per condurre processi di sterilizzazione e bonifica di alimenti e altri materiali. Fornire elementi culturali e approcci metodologici per la progettazione e la valutazione di antimicrobici e antivirali.

Contenuto del corso:

MICROBIOLOGIA INDUSTRIALE: Microrganismi industriali. Miglioramento dei ceppi: mutazioni e selezioni, ricombinazioni, fusione protoplasti, tecnologie geniche. Regolazione del metabolismo primario e secondario. Procedimenti, cinetiche cellulari e di produzione in processi Batch continui e Batch alimentati. Substrati per fermentazioni industriali. Terreni, O₂. Impianti di fermentazione. Applicazioni: Biosintesi, miglioramento dei ceppi e produzione di: Proteine per l'alimentazione (SCP), Etanolo, α-glutamico, penicilline, cefalosporine, aminoglicosidi.

ANTIBIOTICI FARMACI ANTIMICROBICI E FARMACORESISTENZA: Tossicità selettiva e meccanismo d'azione dei più importanti chemioantibiotici. Dosaggio Biologico. Meccanismi di resistenza ai chemioantibiotici. PBPs e β-lattamasi.

AGENTI ANTIVIRALI: Sperimentazioni precliniche e cliniche. Struttura e meccanismi d'azione delle principali classi di agenti antivirali.

STERILIZZAZIONE E DISINFEZIONE: Processo infettivo, trasmissione infezione, biosicurezza in laboratorio, classi di rischio microorganismi (DLs 626), distruzione virus vaiolo. Cinetiche di sterilizzazione; valori D, Z, probabilità di sterilizzazione, saggi di sterilità. Sterilizzazione con mezzi fisici e chimici. Proprietà dei disinfettanti: test comparativi, assoluti, di efficacia delle diluizioni. Caratteristiche delle principali classi di disinfettanti.

ALIMENTI: Conservazione, bonifica, alterazioni microbiologiche, conserve, danneggiamento subletale, indagini microbiologiche con metodi rapidi. Latte, scatolami.

Testi consigliati

M. CRUEGER e A. CRUEGER, *Biotecnology*, II ed. Sinauer, Sunderland MA (USA).

HUGO e A. D. RUSSEL, *Microbiologia farmaceutica*, IV ed., E.M.S.I. (Roma).

D. MATTEUZZI e P. BRIGIDI, *Biotecnologia delle Fermentazioni* (Facoltà Farmacia Bologna).

G. TEMPERA e G. RENZINI, *Microbiologia generale e applicata*, Ed. Esculapio (Bologna)

Articoli da riviste

B. RAY, *Sublethal injury, Bacteriocins, and Food Microbiology*, ASM news, 59, 785 (1993).

- B. SWAMINATHAN, P. FENG, *Rapid detection of food borne pathogenic bacteria*, Ann. Rev. Microbiol. 48, 401 (1994).
J. M. GHUYSEN, *Serine B-lattamases and PBPS*, Ann. Rev. Microbiol. 45, 37 (1991).
P. BORELLO et al., *Valutazione dell'efficacia battericida di alcuni disinfettanti...*, L'Igiene Moderna 103, 91 (1995).

MICROBIOLOGIA GENERALE

Docente: Davide Zannoni

Tipo: 80 ore di lezione e seminari, 2° semestre, 3° anno

Esame: colloquio orale

Scopo del corso: Fornire allo studente gli elementi per la comprensione (strutturale, funzionale e molecolare) dei microorganismi (procarioti e virus) e delle loro interazioni con il mondo circostante. Dare gli strumenti per indagare la natura dei processi vitali e trattare argomenti di interesse immediato per la medicina, l'agricoltura, l'industria e l'ambiente. Nota: la piena comprensione del corso presuppone la padronanza dei concetti trattati nei corsi di Chimica Biologica, Biologia Molecolare, Genetica e Fisiologia Vegetale.

Contenuto del corso: *Metodologie in batteriologia* (Isolamento di colture. Colture in batch e continue. Nutrizione microbica. Terreni selettivi e complessi. Crescita microbica). *Struttura dei procarioti e movimento* (Eubatteri e Archebatteri: parete, membrane, capsula, flagelli, organelli speciali, sostanze di riserva. Tassi batterica: chemio e fototassi). *Metabolismo batterico* (Fermentazioni. Respirazione aerobia e anaerobia. Fototrofia ossigenica e anossigenica. Chemiolitotrofia. Chemioeterotrofia). *Classificazione e filogenesi* (Tassonomia, ibridazione, composizione DNA e RNA). *Tassonomia microbica* (Fototrofi: ciano- rodo- e chlo-ro-batteri. Enterobatteri: caratteristiche, fermentazioni, tossine, test sanitari. Sporigeni unicellulari: endospora, *Bacillus*, *Clostridium*. Gramaerobi: *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Agrobacterium*, *Azotobacter*. Lattobacilli. Archebatteri: metanogeni, alofili, termofili). *Microbiologia ambientale* (Ruolo dei batteri nei cicli di N, C, S, Fe, Mn, Hg. Ambiente marino e lacustre. Microorganismi del suolo (azotofissatori). Interazione pianta/*Agrobacterium*. Degradazione sostanze xenobiotiche. *Bioteologie microbiche* (Microorganismi industriali. Tipi di prodotti industriali. Bioconversioni microbiche). *Genetica microbica* (Mutazioni e mutanti. Mutageni e carcinogenesi. Sistemi di ricombinazione genica). *Virologia generale* (Natura strutturale e molecolare dei virus. Ciclo di replicazione virale e classi replicativi. Coltivazione dei virus. Azione patogena e virus oncogeni. Interferone e farmaci antivirali). *Virologia speciale* (Classificazione virus. Picornavirus. Myxovirus. Rhabdovirus. Retrovirus. Herpesvirus. Hepadnavirus. Poxvirus. Papovavirus). *Immunologia generale* (Antigeni. Anticorpi. Immunità cellulo mediata. Antigeni di istocompatibilità. Vaccini e sieri. Reazioni sierologiche).

Testi consigliati

BROCK et al., *Microbiologia*, Città Studi Edizioni, Milano.

PRESCOTT et al., *Microbiologia*, Zanichelli, Bologna.

DULBECCO et al., *Virologia* (parte 4.), Zanichelli, Bologna.

NEUROBIOLOGIA

Docente: Antonio Contestabile

Tipo: 40 ore di lezioni e seminari, opzionale per il 4° o 5° anno, 2° semestre

Esame: colloquio orale

Scopo del corso: Fornire allo studente approfondimenti su alcuni aspetti dello sviluppo e della fisiopatologia cerebrale, anche con riferimento al background genetico dei processi descritti. Discutere alcuni esempi di funzioni cerebrali integrate in termini di meccanismi molecolari e cellulari e di organizzazione dei circuiti nervosi.

Contenuto del corso:*Sviluppo cerebrale*

In questo ambito verranno sviluppati aspetti relativi ai geni coinvolti nello sviluppo cerebrale; alla proliferazione e migrazione delle cellule nervose; ai meccanismi di differenziamento, crescita assonale, sinaptogenesi, morte cellulare programmata ed alle principali classi di molecole coinvolte in questi processi (fattori trofici, molecole di adesione cellulare, molecole di adesione al substrato); alla plasticità nervosa.

Fisiopatologia cerebrale

I principali sistemi di neurotrasmettitori ed il loro disfunzionamento nelle patologie cerebrali. Patologie neurodegenerative croniche ed acute (morbo di Alzheimer, morbo di Parkinson, morbo di Huntington, sclerosi amiotrofica laterale, sclerosi multipla, malattie da prioni, ischemia cerebrale, epilessia). Patologie neuropsichiatriche (schizofrenia, depressione, sindromi maniacali). Invecchiamento cerebrale.

Funzioni cerebrali integrate

Circuiti corticali: organizzazione funzionale e plasticità. Organizzazione bilaterale del cervello. Emozioni. Apprendimento e memoria. Sonno e ritmi biologici.

Testi consigliati

E. KANDEL, J. SCHWARTZ, T. JESSEL, *Principi di neuroscienze*, Casa editrice Ambrosiana.

G. SIEGEL, B. AGRANOFF, R. ALBERS, P. MOLINOFF, *Basic neurochemistry*, Raven press.

R. GREGER, U. WINDHORST, *Comprehensive human physiology*, Vol. 1, Springer.

PATOLOGIA GENERALE**Docente: Francesco Novello Paglianti****Tipo:** 80 ore di lezione, II semestre, IV anno, indirizzo fisiopatologico**Esame:** orale con riconoscimento vetrino.

Scopo del corso: Dare una descrizione dei principali processi patologici e fornire le conoscenze biologiche per la comprensione dei meccanismi di base e della natura dinamica dei processi patologici.

Contenuto del corso: Etiologia generale e patogenesi. Cause di malattia intrinseche ed estrinseche. Fattori ambientali. Patologia genetica e congenita. Cause fisiche, chimiche e biologiche di malattia. Alterazioni dell'accrescimento e della differenziazione. Le degenerazioni cellulari. Amiloidosi. Necrosi ed apoptosi. Sclerosi. La risposta infiammatoria. Aspetti generali. Infiammazione acuta. Tipi di essudato. Fagocitosi. Infiammazione cronica. Tessuto di granulazione e guarigione delle ferite. Febbre. La risposta immunitaria. Antigeni ed anticorpi. Genetica e classi di immunoglobuline. Reazioni antigene-anticorpo e loro utilizzo in ricerca e diagnostica. Il complemento. Antigeni di istocompatibilità. Il sistema immunitario. Risposta primaria e secondaria. Cooperazione cellulare: recettori e citochine. Memoria immunitaria. Vaccinazione. Sieri policlonali ed monoclonali. Ipersensibilità immediata e ritardata. Risposta cellulosa mediata. Patologia da trapianto. Tolleranza immunitaria. Autoimmunità. Oncologia. Tumori benigni e maligni. Invasività e metastasi. Antigeni e markers tumorali. Gradazione e stadiazione. Immunità e tumori. Epidemiologia. Tests di cancerogenesi e mutagenesi. Cancerogenesi fisica, chimica e virale. Onconogenesi ed antioncogeni. Patologia cardio-vascolare. Ipertensione, arteriosclerosi, trombosi, embolia, infarto. Cenni di Fisiopatologia generale e malattie metaboliche.

Testi consigliatiM. J. TAUSSIG, *Patologia Generale*, Piccin Ed.G. M. PONTIERI, *Patologia Generale*, Piccin Ed.M. U. DIANZANI, *Istituzione di Patologia Generale*, UTET.A. K. ABBAS, *Immunologia Cellulare e Molecolare*, Piccin Ed.S. L. ROBBINS, *Le basi Patologiche delle malattie*, vol. 1, Piccin Ed.**PATOLOGIA VEGETALE****Docente: Lucietta Betti****Tipo:** 45 ore di lezione, 1° semestre, 4° o 5° anno

Scopo del corso: Fornire le nozioni fondamentali per lo studio delle malattie delle piante, causate sia da agenti biotici che abiotici. Dare i concetti basilari per la

comprensione dei meccanismi di attacco dei patogeni e di resistenza dell'ospite e per l'analisi dell'interazione ospite/patogeno. Chiarire i principi generali della prevenzione e del controllo delle malattie delle piante.

Contenuto del corso: Le malattie delle piante nella storia ed oggi. Concetto di malattia e di danno. Le cause di malattia e la loro diagnosi. Cenni di fisiopatologia. Caratteri generali dei diversi agenti di malattie infettive (virus, viroidi, fitoplasmii, batteri, funghi, nematodi, fanerogame parassite). Patogenesi comparata delle malattie infettive e meccanismi di difesa delle piante. Basi biochimiche della resistenza ai patogeni e loro controllo genetico. Approcci molecolari per la resistenza ai patogeni e ottenimento di piante transgeniche. Concetti di epidemiologia. Cenni di profilassi e terapia. Malattie non infettive causate da stress abiotici (luce, acqua, temperatura, fattori edafici, inquinanti atmosferici). Allelopatie.

Testi consigliati

A. MATTA, *Fondamenti di patologia vegetale*, Patron, Bologna.

G. N. AGRIOS, *Plant pathology*, IV Edition, Academic Press.

J. SEMAL, *Traité de pathologie végétale*, Presses Agronomiques, Gembloux.

ZOOLOGIA

Docenti: Bruno Sabelli (A-L), Francesco Zaccanti (M-Z)

Tipo: 60 ore di lezione e 20 esercitazioni, II semestre, II anno

Esame: scritto e orale

Scopo del corso: Acquisizione delle linee fondamentali della organizzazione morfo-funzionale degli animali e della sistematica zoologica.

Contenuto del corso: L'organismo vivente, sue proprietà fondamentali. Cenni sull'evoluzione e i suoi meccanismi. Principi di Tassonomia. I pluricellulari coloniali: Phyla dei Celomesozoi, Placozoi, Mesozoi e Poriferi. I Planuloidi con il Phylum dei Ctenoterati. L'acquisizione del terzo foglietto: phyla degli Ctenofori e dei Platelminti con analisi di alcuni cicli di Trematodi e Cestodi. Phylum dei Nemertini, caratteristiche generali degli Pseudocelomati: il Phylum dei Rotiferi, il Phylum dei Nematodi, cicli di alcuni parassiti. Cenni sui phyla minori di Aschelminti: Gastrotrichi, Chinorinchi, Nematomorfi, Acantocefali, Gnatostomulidi. Origine del celoma: protostomi e deuterostomi. I Phyla: Anellidi, Pogonofori, Sipunculidi, Priapulidi, Tardigradi, Pentastomidi, Echiuroidei. Il Phylum dei Molluschi. Introduzione agli Artropodi con generalità su Chelicerati, Crostacei, Unirami e Insetti. I Lofoforati: Foronidei, Briozoi, Ectoprotti e Brachiopodi. Il Phylum degli Echinodermi. Cenni sui Phyla di deuterostomi minori: Emicordati e Chetognati. I Cordati. I Vertebrati.

Testi consigliati

B. BACCETTI et al., *Lineamenti di Zoologia sistematica*, Zanichelli, Bologna.

M. LA GRECA, *Zoologia degli Invertebrati*, UTET, Torino.

F. ZAFFAGNINI & B. SABELLI, *Atlante di Morfologia degli Invertebrati*, Piccin, Padova.

ZOOLOGIA II

Docente: Francesco Zaccanti

Tipo: corso annuale estensivo. 4° Anno (60 ore di lezioni e 20 di esercitazioni)

Esame: orale

Scopo del corso: Dare le nozioni fondamentali sull'evoluzione e sull'adattamento degli organismi ai vari ambienti e sul comportamento nei diversi modi di vita.

Contenuto del corso: Nozioni di filogenesi animale. Evoluzione, meccanismi dell'evoluzione, prove dell'evoluzione. Alimentazione. Evoluzione delle modalità di alimentazione. Tipi di alimentazione animale: cacciatori e parassiti, brucatori e pascolatori, sospensivori e deposivori. Cibo da simbionti. Costi e benefici della alimentazione: la ricerca ottimale del cibo. Il comportamento di alimentazione: le differenze nelle tecniche di cattura delle prede, individuazione, cattura; usi di utensili, cattura cooperativa della preda. Competizione e diete animali. Comportamento antipredatorio; strategie per rendere la cattura più difficile. Tattiche di difesa: difese chimiche, colorazioni di avvertimento, mimetismo batesiano, associazione con una specie protetta. Difese sociali; segnali d'allarme, miglioramento del sistema di vigilanza. Il gruppo egoista. L'effetto diluizione. Meccanica e movimento. I principi della locomozione. La locomozione ciliare. Attività muscolare. La locomozione degli animali a corpo molle. La locomozione degli Invertebrati con zampe articolate. I meccanismi della locomozione e dell'orientamento. Strategie per trovare un posto dove vivere, le migrazioni, la territorialità. Respirazione, escrezione e regolazione ionica e osmotica, galleggiabilità. La difesa negli Invertebrati. La riproduzione e cicli vitali. Riproduzione sessuale e cure parentali. Strategie riproduttive dei maschi e delle femmine. Sistemi di accoppiamento. Lo sviluppo. La gametogenesi. La fecondazione. Segmentazione, Gastrulazione. Protostomi e deuterostomi. Modelli di sviluppo embrionale. Nozioni di Embriologia sperimentale. Morfogenesi. Sviluppo delle comunità biotiche. Interazioni intraspecifiche. Interazioni interspecifiche. Adattamenti alla vita di comunità, evoluzione degli Insetti sociali. I Vertebrati; filogenesi, le classi dei Vertebrati. La successione delle flore e delle faune. Le popolazioni animali. Struttura di popolazione. Censimenti faunistici. Distribuzione dei viventi. Reami e Regioni zoogeografiche. Vie di dispersione. Faune discontinue.

Testi consigliati

- R. S. K. BARNES, P. CALOW, P. J. W. OLIVE, *Invertebrati una nuova sintesi*, Zanichelli, 1990.
- J. ALCOCK, *Etologia, un approccio evolutivo*, Zanichelli, 1992.
- L. RAUNICH, *Embriologia e morfogenesi*, Zanichelli, 1972.
- B. BACCETTI e al., *Zoologia. Trattato italiano*, Grasso, 1991.
- VANNINI, E., *Zoologia dei Vertebrati*, Utet, 1982.

ZOOLOGIA APPLICATA

Docente: Mario Marini

**Corso di Laurea
in
SCIENZE DELL'INFORMAZIONE
Sede di Cesena**

**CORSO DI LAUREA IN SCIENZE DELL'INFORMAZIONE
SEDE DI CESENA**

Introduzione

ASPETTI GENERALI

La durata del corso di laurea in Scienze dell'Informazione è di quattro anni. Il titolo di ammissione è quello previsto dalle vigenti disposizioni di legge.

Il corso di laurea è organizzato in un biennio propedeutico e un biennio di applicazione.

Il Corso di laurea di Cesena mantiene anche per l'A.A. 1997/98 la struttura a durata quadriennale e la denominazione di Scienze dell'Informazione.

Le finalità di questo corso di laurea sono fortemente applicative e sostenute da laboratori di informatica avanzati in molteplici settori di sicuro interesse industriale. Gli spazi disponibili e il numero di attrezzature scientifiche rendono fruibili i laboratori, al singolo studente, per un cospicuo numero di ore alla settimana. Il corso di laurea dà anche una solida preparazione di base nella disciplina della matematica e della fisica, essenziali per una formazione a largo spettro nel campo dell'informatica e della telematica.

PIANO DIDATTICO

BIENNIO PROPEDEUTICO

<i>1° Anno</i>	<i>2° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none">• Analisi Matematica I• Algebra (semestrale)• Fisica I• Geometria (semestrale)• Teoria e Applicazione delle Macchine Calcolatrici	<ul style="list-style-type: none">• Analisi Matematica II• Calcolo delle Probabilità e Statistica (semestrale)• Calcolo Numerico (semestrale)• Fisica II• Ricerca Operativa e Gestione Aziendale• Sistemi per l'Elaborazione dell'Informazione I

BIENNIO DI APPLICAZIONE**Insegnamenti obbligatori per il 2° biennio**

<i>3° Anno</i>	<i>4° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Metodi per il Trattamento dell'Informazione • Economia e Organizzazione Aziendale (semestrale) • Sistemi per l'Elaborazione dell'Informazione II • Teoria e Metodi dell'Ottimizzazione 	<ul style="list-style-type: none"> • Teoria dell'Informazione e della Trasmissione • Trattamento dell'Informazione nell'Impresa (semestrale) • Lo studente deve sostenere inoltre esami relativi a insegnamenti complementari per un totale di n. 2 annualità.

ESAME DI LAUREA

Per essere ammesso all'esame di laurea, lo studente deve aver seguito i corsi e superato gli esami, per tutti gli insegnamenti fondamentali e almeno quattro scelti fra i complementari se a corso semestrale, per almeno tre se uno di essi è annuale, o per almeno due se ambedue sono annuali. Lo studente deve inoltre presentare un elaborato scritto come tesi di laurea, sotto la responsabilità di un relatore.

Programmi dei corsi

ALGEBRA

Docente: Marilena Barnabei

Tipo: 60 ore di lezione, 1° semestre, 1° anno

Esame: una prova pratica ed una prova teorica, entrambe scritte

Scopo del corso: Fornire allo studente alcuni strumenti elementari della matematica discreta, nonché le conoscenze di base relative ad alcune nozioni di algebra (relazioni di equivalenza, relazioni d'ordine, insiemi dotati di una o più operazioni). Nella seconda parte del corso si presentano gli elementi essenziali dell'algebra delle matrici, con particolare attenzione agli aspetti computazionali della teoria ed alla sua applicazione alla risoluzione dei sistemi lineari.

Contenuto del corso: Richiami sugli insiemi: appartenenza, inclusione, unione, intersezione, complementazione. Prodotto cartesiano di insiemi. Relazione tra due insiemi. Funzioni. Funzioni iniettive e funzioni suriettive. Funzioni biiettive. Inversa di una funzione biettiva. Composizione di funzioni. Insiemi discreti. Il principio di induzione. Liste in un insieme: liste finite e successioni. Principio di uguaglianza, di somma e di moltiplicazione. Principio dei cassetti. Numero delle funzioni tra due insiemi finiti. Permutazioni di un insieme finito. Coefficienti binomiali: definizione e proprietà. Numeri di Fibonacci: definizione e proprietà. Principio di inclusione-esclusione. Partizioni di un insieme. Relazioni di equivalenza. Numeri di Bell e numeri di Stirling di seconda specie. Definizione e proprietà dei coefficienti multinomiali e dei multinsiemi. Relazioni d'ordine e insiemi parzialmente ordinati. Reticoli. Reticoli modulari e reticoli distributivi. Algebre di Boole. Definizione di gruppo e di campo. Il gruppo simmetrico. Equazioni lineari a coefficienti in un campo. Sistemi lineari. Sistemi equivalenti. Operazioni elementari sui sistemi lineari. Matrici. Operazioni tra matrici e proprietà relative. Matrici equivalenti per righe. Algoritmo di Gauss. Rango per righe di una matrice e sue proprietà. Algoritmo di Gauss-Jordan. Matrice incompleta e completa di un sistema lineare. Il metodo di Gauss per la risoluzione dei sistemi lineari. Teorema di Rouché-Capelli.

Testi consigliati

M. BARNABEI e F. BONETTI, *Matematica Discreta Elementare*, Pitagora, Bologna, 1994.

M. BARNABEI e F. BONETTI, *Sistemi Lineari e Matrici*, Pitagora, Bologna, 1992.

ALGORITMI E STRUTTURE DATI**Docente: Alessandro Panconesi****ANALISI MATEMATICA I****Docente: Sergio Polidoro****Esame:** prova pratica scritta e prova teorica**Contenuto del corso:**

Insiemi. Funzioni. Insiemi ordinati. Numeri reali. Principio di induzione. Radici n -esime.

Successioni reali. Limiti di successioni. Teorema di Bolzano-Weierstrass. Funzione esponenziale e logaritmica.

Numeri complessi. Funzioni circolari.

Punti di accumulazione. Limiti di funzione di variabile reale.

Limiti di funzioni di più variabili reali. Funzioni continue. Teorema di Bolzano. Teorema di Weierstrass.

Derivate di funzione di una variabile reale. Derivate di ordine superiore. Polinomi di Taylor. Funzioni convesse. Metodo di Newton.

Serie numeriche. Successioni di funzioni. Convergenza uniforme. Serie di potenze. Serie di Taylor.

Integrale di Riemann in \mathbb{R} . Teorema fondamentale del calcolo integrale. Integrale generalizzato per funzioni continue.

Testi consigliati

E. LANCONELLI, *Lezioni di Analisi Matematica I*, Pitagora.

ANALISI MATEMATICA II**Docente: Ermanno Lanconelli****Tipo:** 90 ore di lezione, corso annuale**Esame:** scritto e orale

Scopo del corso: Presentazione degli elementi fondamentali del calcolo differenziale e integrale negli spazi euclidei finito dimensionali, e dei primi elementi della teoria delle equazioni differenziali ordinarie

Contenuto del corso: Limiti e continuità negli spazi metrici. Spazi completi e

tema del punto fisso: approssimazioni successive e metodo di Newton. Calcolo differenziale in \mathbb{R}^n . Invertibilità locale, funzioni implicite. Varietà immerse. Estremanti condizionati. Curve di \mathbb{R}^n . Integrali curvilinei. Forme differenziali lineari. Derivata complessa. Teoria della misura di Peano-Jordan. Integrale multiplo di Riemman. Equazioni differenziali ordinarie: problema di Cauchy-esistenza e unicità locali, esistenza in grande, sistemi lineari, equazioni di ordine superiore.

Testi consigliati

E. LANCONELLI, *Lezioni di Analisi Matematica 2*, Pitagora Ed.

ANALISI NUMERICA

Docente: Damiana Lazzaro

Tipo: semestrale. 50 ore di lezione 20 ore di laboratorio guidato

Esame: orale/scritto + progetti

Scopo del corso: Dare i principi fondamentali del calcolo scientifico sviluppato in ambiente multiprocessore. Fornire una panoramica delle problematiche più importanti del calcolo parallelo e riconsiderare problemi noti nell'ottica della realizzazione di efficienti algoritmi paralleli. Sperimentare concretamente gli algoritmi sviluppati implementandoli su architetture a memoria distribuita.

Contenuto del corso: Introduzione al calcolo parallelo: dalla macchina di Von Neumann alle diverse architetture parallele. Possibili classificazioni. Algoritmi paralleli: parametri di valutazione e leggi di Amdhal e Gustafson - Algoritmi paralleli elementari per architetture a memoria distribuita: tecnica del raddoppiamento ricorsivo per la somma di n numeri; prodotto scalare. Prodotto, matrice-vettore. Prodotto matrice-matrice - Algoritmi paralleli per la soluzione di sistemi lineari su multiprocessori a memoria distribuita: soluzione di sistemi triangolari. Studio dei possibili algoritmi ottenuti dalla parallelizzazione dell'algoritmo di Gauss con pivotaggio parziale. Versione parallela dell'algoritmo di Cholesky. Algoritmo parallelo per la fattorizzazione QR - Algoritmi per la soluzione di un sistema lineare con matrice tridiagonale - Metodi iterativi per la soluzione di sistemi lineari: Algoritmi paralleli di Jacobi e Gauss-Seidel - Algoritmo scalare e parallelo del metodo del gradiente coniugato. Precondizionatori per il metodo del gradiente coniugato - Cenni sugli algoritmi per la determinazione degli zeri di una funzione non lineare e per l'integrazione numerica.

Testi consigliati

J. ORTEGA, *Introduction to parallel and vector solution of linear systems*, Plenum press, New York, 1988.

CALCOLO DELLE PROBABILITÀ E STATISTICA (CPS)**Docente: Franco Zavatti****Tipo:** corso fondamentale del 2° anno (semestrale) - 30 ore**Esame:** scritto + eventualmente orale

Scopo del corso: Fornire gli elementi di base del calcolo della probabilità e statistica, e la capacità di applicazione a casi concreti.

Contenuto del corso:

- Probabilità e suoi teoremi, variabili aleatorie e loro momenti.
- Funzione di distribuzione e densità di probabilità.
- Alcune distribuzioni: Bernoulli, binomiale, multinomiale, ipergeometrica, Poisson, uniforme, χ^2 , Fisher.
- Teorema limite centrale, legge dei grandi numeri.
- Trasformazione di variabili, propagazione degli errori.
- Campionamento. Stima, massima verosimiglianza, minimi quadrati, stima su intervalli.
- Test di ipotesi. Alcuni test: normalità, student, fisher, χ^2 .

Testi consigliati

M.R. SPIEGEL, *Probabilità e Statistica 760 problemi risolti*, McGraw-Hill, Milano.

Testi consigliati per approfondimenti:

G. VICARIO, R. LEVI, *Calcolo della probabilità e statistica per ingegneri*, Esculapio, Bologna, 1997

G. FERRARI, R. LEONI, G. MARLIANI, *Introduzione al Campionamento e all'Inferenza Statistica*, Libreria Alfani Editrice, Firenze, 1992.

G. CICCHITELLI, *Probabilità e Statistica*, Maggioli Editore, Rimini, 1994.

G. CICCHITELLI, M.A. PANNONE, *Complementi ed esercizi di Statistica descrittiva ed inferenziale*, Maggioli Editore, Rimini, 1994.

R. SCOZZAFAVA, *Primi passi in probabilità e statistica*, Zanichelli, Bologna, 1996.

C. CAMETTI, A. DI BIASIO, *Introduzione all'elaborazione dei dati sperimentali*, CISU, Roma, 1994

CALCOLO NUMERICO**Docente: Laura Montefusco****Tipo:** Semestrale 48 ore di lezione 24 ore di esercitazioni, 24 ore di laboratorio guidato**Esame:** orale/scritto + progetti

Scopo del corso: Dare i principi fondamentali dell'Analisi Numerica necessari per poter affrontare la soluzione numerica di problemi reali mediante un calcolatore. Porre particolare attenzione al fenomeno della propagazione degli errori e a quello della cattiva posizione dei problemi, onde essere in grado di valutare l'attendibilità delle soluzioni ottenute numericamente.

Contenuto del corso: Numeri finiti e Analisi degli errori - Sistemi lineari: metodi diretti. Teorema di esistenza ed unicità della fattorizzazione LDU. Il metodo di Gauss per risolvere un sistema lineare normale. Complessità computazionale dell'algoritmo di fattorizzazione di Gauss. Stabilità della fattorizzazione LR. «Ben posizione» del problema di risolvere un sistema normale. Stima dell'indice di condizionamento di una matrice. Teorema di Cholesky ed algoritmo. Risoluzione di un sistema tridiagonale. Risoluzione di un sistema quasi-tridiagonale - Sistemi lineari: metodi iterativi. Teorema di convergenza per i metodi iterativi. Velocità di convergenza per i metodi iterativi: velocità di convergenza media e velocità di convergenza asintotica. Interpolazione ed approssimazione di dati. - Interpolazione polinomiale: formule di Newton e di Lagrange - Funzioni spline polinomiali. Funzioni B-spline. Formule ricorrenti per il calcolo delle funzioni B-spline. Interpolazione mediante funzioni spline. Teorema di Schoenberg-Whitney. Proprietà di convergenza delle funzioni spline di interpolazione. Il problema di approssimazione in norma due discreta. Soluzione del problema dei minimi quadrati tramite equazioni normali. Soluzione del problema dei minimi quadrati mediante fattorizzazione QR. Soluzione del problema dei minimi quadrati mediante Singular-Value-Decomposition - Integrazione numerica: Formule di quadratura di Newton-Cotes; formule composite. Stima dell'errore nelle formule di Newton-Cotes e nelle relative formule composite. Concetto di metodo adattivo - Autovettori ed autovalori di una matrice quadrata: formulazione del problema e richiami di teoria. Metodi LR e QR per la determinazione degli autovalori di una matrice qualunque. Metodo di Jacobi per matrici simmetriche. Metodo delle potenze e delle potenze inverse di Wieland. - Equazioni non lineari: generalità sui metodi iterativi per la determinazione degli zeri di una funzione: ordine di convergenza dei metodi e ben posizione del problema. Metodi di bisezione e delle approssimazioni successive. Teoremi di convergenza. Velocità di convergenza - Cenni sulla soluzione numerica di equazioni differenziali: metodi a un passo.

Testi consigliati

V. COMINCIOLI, *Analisi Numerica: Metodi modelli applicazioni*, McGraw-Hill 1990.

D. BINI, M. CAPOVANI, O. MENCHI, *Metodi numerici per l'algebra lineare*, Zanichelli, Bologna 1988.

I. GALLIGANI, *Elementi di Analisi Numerica*, Calderini, Bologna 1987.

DOCUMENTAZIONE AUTOMATICA**Docente: Dario Maio****Tipo:** 60 ore di lezione, 25 di esercitazione, annuale intensivo primo semestre, terzo anno**Esame:** discussione di un elaborato di progetto, prova scritta, prova orale

Scopo del corso: Fornire all'allievo le nozioni fondamentali della tecnologia delle basi di dati e gli strumenti metodologici necessari per il suo impiego nella progettazione di un sistema informativo. L'accento è posto sui DBMS di tipo relazionale; viene presentato un metodo per la progettazione di basi di dati che fa uso, per gli aspetti concettuali, del modello Entity-Relationship. Parte integrante del corso è costituita da esercitazioni riguardanti lo sviluppo di applicazioni database in ambiente relazionale, in configurazione centralizzata e distribuita. La parte finale del corso illustra e discute le direttrici di sviluppo nel settore dei sistemi informativi.

Contenuto del corso: Introduzione ai DBMS (gestione di grandi moli di dati, supporto per un modello dei dati, linguaggi di alto livello, gestione delle transazioni, controllo degli accessi, resilienza, ambienti di sviluppo). Dispositivi di memoria secondaria (Caratteristiche costruttive dei dispositivi e parametri, nastri magnetici, dischi magnetici, dischi ottici, dischi magneto-ottici, affidabilità dei dispositivi). Gestione File (File System, gestione dello spazio su disco, gestione di richieste concorrenti, buffering di disco, applicazione e file system, organizzazione dei record). Organizzazioni dei dati (Organizzazione sequenziale, organizzazione ad accesso diretto, fusione e ordinamento di archivi, ISAM, VSAM, Hash file, B-tree, B*-tree, B+-tree, cenni su indici e strutture multi-dimensionali). Modelli dei dati (Cenni sui modelli gerarchico e reticolare, il modello relazionale, algebra relazionale, realizzazione degli operatori relazionali, metodi di join. Il modello concettuale Entity-Relationship: definizioni di base e notazione grafica, estensioni, cenni sui modelli orientati agli oggetti). Il linguaggio SQL (Non proceduralità e manipolazione set-oriented; i costrutti SQL per la definizione di schemi relazionali e per la manipolazione di relazioni, completezza relazionale, regole di integrità, gestione delle autorizzazioni, gestione delle transazioni, embedded SQL). Architettura dei DBMS (Architettura funzionale di riferimento di un RDBMS, tipologie di architetture server, caratteristiche di sistemi OLTP, i componenti principali di un RDBMS: Query Optimizer, Transaction Manager, Scheduler, Recovery Manager, Cache Manager). Cenni su RDBMS distribuiti (problematiche di gestione delle transazioni e ottimizzazione delle interrogazioni). Progettazione di DB relazionali (Introduzione all'analisi dei requisiti, progettazione da requisiti in linguaggio naturale, strategie per la costruzione di schemi E/R, integrazione di viste, progettazione logica da schemi E/R, forme normali (1-,2-,3-,BCNF), cenni sulla teoria delle dipendenze, cenni sugli algoritmi di normalizzazione, progettazione fisica).

Testi consigliatiP. CIACCIA, D. MAIO, *Lezioni di Basi di Dati*, Esculapio, 1995.D. MAIO, S. RIZZI, *Esercizi di Progettazione di Basi di Dati*, Esculapio, 1997.

- P. ATZENI, S. CERI, S. PARABOSCHI, R. TORLONE, *Basi di dati, concetti, linguaggi e architetture*, McGraw-Hill, 1996.
D. BENEVENTANO, S. BERGAMASCHI, M. VICINI, *Progetto Relazionale di Basi di Dati*, Pitagora Ed. 1998

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE

Docente: Massimo Bianchi

Tipo: 70 ore, 1° semestre, III anno

Esame: orale

Scopo del corso: Il corso si propone di fare acquisire agli studenti le nozioni fondamentali, nel quadro delle conoscenze di Economia Aziendale, attinenti alla metodologia dell'Organizzazione Aziendale e una conoscenza della problematica organizzativa applicata sia ad aspetti teorici che ad argomenti di carattere applicativo. Le lezioni verranno integrate da analisi di casi ed esercitazioni che avranno lo scopo di approfondire singole tematiche e verificare lo sviluppo del programma didattico.

Contenuto del corso:

LA TEORIA DEL SISTEMA AZIENDALE.

Il sistema aziendale. L'organizzazione come processo. L'organizzazione come struttura. L'evoluzione del concetto di sistema aziendale.

LE PROCEDURE.

Il concetto di operazione. Varietà delle rappresentazioni. L'analisi delle procedure. L'analisi del lavoro e i tipi di procedura.

LE FUNZIONI AZIENDALI

La funzione amministrativa. La funzione marketing. La funzione tecnico-produttiva. La funzione logistica. La funzione gestione del personale. Il sistema informativo aziendale. La funzione finanziaria. La funzione ricerca e sviluppo. La direzione strategica.

Testi consigliati

M. BIANCHI, *Il sistema organizzativo e le funzioni aziendali*, Giappichelli, Torino 1994.

M. BIANCHI, *Organizzazione e Tecnica di analisi delle procedure aziendali*, Pirola Editore, Milano 1991.

Approfondimenti

M. BIANCHI, *I sistemi organizzativi. Un'analisi critica*, Giappichelli, Torino 1995.

C. A. FEDERICI, *L'impresa come perturbazione aziendale*, Clueb Bologna 1995.

ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE NON NUMERICA**Docente: Giorgio Casadei****Tipo:** 64 ore di lezione e 32 di esercitazioni, intensivo 1° semestre, 4° anno**Esame:** orale con discussione di un elaborato

Scopo del corso: Discutere le metodologie di base per l'ideazione, la progettazione e l'implementazione di ipertesti multimediali intelligenti consultabili anche via INTERNET. Questo obiettivo viene articolato in tre moduli:

- le metodologie di base della soluzione di problemi in Intelligenza Artificiale mediante la progettazione e l'implementazione di problem- solver e di prototipi di (semplici) sistemi esperti;
- linee guida per la progettazione di interfacce;
- gli ambienti HTML e JAVA per l'implementazione di ipertesti multimediali.

Contenuto del corso: Complementi di programmazione PROLOG. Rappresentazione della conoscenza, lo spazio degli stati e il problema della ricerca. La ricerca cieca (in profondità e in larghezza) e la ricerca guidata da euristica (best-first). Alberi AND/OR, sistemi formali, deduzioni e dimostrazioni automatiche. L'architettura dei sistemi esperti. Le tecniche di gestione dell'incertezza e i principali algoritmi per l'apprendimento automatico. Criteri e metodologie di progettazione delle interfacce. Progetto e implementazione di ipertesti multimediali in ambienti HTML e Java.

Testi consigliati

I. BRATKO, *PROLOG programming for Artificial Intelligence*, Addison Wesley.

R. SHINGAL, *Formal concepts in Artificial Intelligence – Fundamentals*, Chapman & Hall, 1992.

ELABORAZIONE DI IMMAGINI**Docente: Laura Montefusco****Tipo:** annuale 100 ore lezione 40 laboratorio**Esame:** orale/scritto + progetti

Scopo del corso: Fornire gli strumenti matematici e informatici fondamentali per l'acquisizione, la memorizzazione, l'elaborazione e la visualizzazione di immagini digitali. Porre particolare rilievo alle realizzazioni di efficienti algoritmi per l'elaborazione numerica delle immagini e alla sperimentazione delle più moderne tecniche per la soluzione dei problemi connessi.

Contenuto del corso: Digitalizzazione di immagini e memorizzazione: Conversione tra formati grafici: librerie gif, ImageMagic, SDSN, client X, IMG -

Programmazione X-windows - Analisi di Fourier: Trasformata di Fourier e sue proprietà. Teorema di campionamento di Witterker-Shannon. Distanza di campionamento di Nyquist e fenomeno dell'aliasing. Trasformata di Fourier bidimensionale. Trasformata rapida di Fourier (FFT) ed applicazioni. Cenni su altre trasformate ortogonali classiche - Analisi Wavelet: Dall'analisi di Fourier all'analisi wavelet attraverso la trasformata di Gabor. Decomposizione wavelet o serie wavelet di una funzione di $L^2(\mathbb{R})$. Decomposizione wavelet di una funzione bidimensionale. Algoritmo piramidale di Mallat; complessità computazionale. Applicazioni dell'analisi wavelet al filtraggio ed alla compressione di immagini. Estensione dell'analisi wavelet: wavelet packets, wavelets con molteplicità maggiore di 2 - Compressione e decompressione di immagini: Tecniche lossless, Codice di Huffmann, codice run-length, codice aritmetico, Tecniche lossy, Standard JPEG, accenni ad MPEG - Analisi di immagini: segmentazione, rappresentazione, descrizione, riconoscimento - Restoration: Modello matematico e mal posizione del problema. Approccio numerico: modello discreto-discreto e modello discreto-continuo. Metodo di regolarizzazione di Tikhonov; scelta del parametro ottimo di regolarizzazione. Metodo della decomposizione in valori singolari troncata (TSVD); scelta del livello di troncamento - Reconstruction: Modello matematico del problema della ricostruzione di immagini. Metodo delle «back-projections» filtrate. Metodi di tipo algebrico per la soluzione del problema della ricostruzione di immagini: metodo di Kaczmarz.

Testi consigliati

R.C. GONZALES, R.E. WOODS, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Publishing Company, 1992.

C.K. CHUI, *An introduction to wavelets*, Academic Press 1992.

I. DAUBECHIES, *Ten lectures on Wavelets*, CBMS-NSF Series in Applied Math., SIAM Publ., 1992.

ELETTRONICA

Docente: Enzo Gandolfi

Tipo: 48 ore di lezione, 2° semestre, complementare

Contenuto del corso:

Introduzione ai componenti elettronici e richiami di teoria dei circuiti

Amplificatori: definizione di amplificatore; differenze fra amplificatore e trasformatore; amplificatore di tensione, corrente, a trasconduttanza a transresistenza; guadagno di un amplificatore: il DECIBEL; necessità di un alimentatore, progetto di un alimentatore.

La controreazione negli amplificatori: aspetti generali e classificazione; effetti sulla stabilità del guadagno; effetti sulla banda passante; effetti sulla resistenza di ingresso e di uscita; effetti sulla reiezione ai disturbi e sulla distorsione.

Gli amplificatori operazionali (AOP): caratteristiche di un AOP ideale e reale; la controreazione negativa: la massa virtuale; generatori di tensione, corrente, comparatori,

circuiti sommatore, integratori, differenziatori, moltiplicatori; i filtri; trasformatori e moltiplicatori di impedenza.

Elettronica digitale: principi fisici dei diodi, transistor bipolari, FET, CMOS; livelli logici, porte TTL, CMOS, ECL, interfacciabilità; elettronica digitale combinatoria: porte logiche, multiplexer, demultiplexer, encoder; elettronica digitale sequenziale: flip-flop, memoria, contatori, shift register.

Introduzione ai sistemi di acquisizione dati: Convertitori D/A con resistenze pesate, a ladder R-2R, con multiplexer. Convertitore A/D a scalinata, ad approssimazione successive, ad integrazione semplice e doppia, flash-converter, con tecniche VLSI.

Strumentazione analogica e digitale: l'errore di misura. Architettura di un computer cpu, memorie (RAM, ROM, di massa...) dispositivi di I/O; il bus (address, data, control); organizzazione della memoria e dei dispositivi di I/O l'interrupt.

Chip programmabili: timer (5253-8254); porta di I/O(8255- PIOZ80); cenni su USART, DMA, FDC; SW di gestione dei chip programmabili;

Trasmissione delle informazioni: modo parallelo; modo seriale; sistema IEEE488;

I trasduttori: temperatura, pressione, umidità, luce, suono, immagini, posizione, velocità; rivelatori di gas, particelle.

La Fuzzy Logic: impostazione logica; campi di applicazione; progetto di processore Fuzzy. *Le nuove metodologie di progettazione VLSI.*

Testi consigliati

Essendo il corso articolato su argomenti molto diversi, non può fare riferimento ad un unico testo, anche perché molti argomenti si trovano solo su manuali o riviste specializzate. Si consiglia quindi di utilizzare la copia delle trasparenze usate a lezione che sono disponibili presso la biblioteca

Vengono comunque consigliati alcuni testi di riferimento.

Per la parte di elettronica analogica:

G. TORZO, *Capire e sperimentare gli amplificatori operazionali*, Ed. Zanichelli.

Per la parte di elettronica digitale:

M. MASETTI, I. D'ANTONE, *Elettronica digitale*, Ed. Zanichelli.

Per la parte sulla Fuzzy Logic:

S. CAMMARATA, *Sistemi Fuzzy*, Ed. ETASLIBRI.

FISICA I

Docente: Sergio Focardi

Contenuto del corso:

- *Grandezze fisiche.* Grandezze e loro misura. Metodo di misura diretto e metodi indiretti. Grandezze fondamentali e derivate. Campioni di unità di misura delle grandezze fondamentali. Il sistema MKS.
- *Grandezze scalari e vettoriali.* Scalari e vettori. Operazioni sui vettori: somma,

differenza, prodotto scalare e vettoriale. Rappresentazione cartesiana dei vettori. Componenti.

- *Cinematica del punto*. Lo schema del punto materiale. Equazione della traiettoria e legge oraria del moto. Spostamento, velocità e accelerazione. Studio di moti particolari: moto rettilineo uniforme, moto rettilineo uniformemente accelerato, moto circolare uniforme, moto armonico.
- *Dinamica del punto*. I principi di Newton della dinamica. Forze. Misura delle forze. Vincoli. Leggi dell'attrito: statico, dinamico e volvente. Il peso. Relatività del moto. Sistemi inerziali e non. Forza centrifuga. Forza del Coriolis.
- *Energia e lavoro*. Il lavoro. Energia cinetica. Teorema delle forze vive. Forze conservative. Conservazione dell'energia meccanica. Principio di conservazione dell'energia. Potenza.
- *Sistemi di punti materiali*. Baricentro. Momento di inerzia. Schematizzazione discreta e continua dei sistemi materiali. Quantità di moto. Momento delle forze. Momento della quantità di moto.
- *Dinamica e statica dei sistemi*. Equazioni della dinamica dei sistemi. Sistemi rigidi. Sistemi isolati. Conservazione della quantità di moto. Conservazione del momento della quantità di moto. Sistemi rigidi girevoli attorno ad asse fisso. Giroscopio. Equazioni della statica. Equilibrio. Stabilità dell'equilibrio.
- *Moti periodici*. Oscillatore armonico. Oscillatore armonico smorzato. Oscillazioni forzate. Risonanza. Pendolo semplice. Pendolo fisico. Pendolo di torsione. Bilancia.
- *Gravitazione*. La forza di gravitazione. Le leggi di Keplero. Misura di Cavendish della costante G. Massa inerziale e massa gravitazionale. L'esperienza di Etvos. Moto dei pianeti. Maree. Energia potenziale gravitazionale.
- *Statica e dinamica dei fluidi*. La pressione. Equilibrio nei fluidi. Leggi di Archimede e di Pascal. Linee di flusso e di corrente. Tubi di flusso. Teorema di Bernoulli. Venturimetro. Tubo di Pitot.
- *Onde elastiche*. Equazione delle onde. Soluzione dell'equazione delle onde. Onde su corda elastica. Onde sonore. Interferenza. Onde stazionarie. Ventri e nodi. Battimenti. Intensità delle onde. Riflessione e trasmissione delle onde. Effetto Doppler.
- *Calore e temperatura*. Proprietà termometriche delle sostanze. Principio zero della termodinamica. Punto triplo. Termometro a gas perfetto. Scale termometriche. La scala Kelvin. Meccanismi di trasporto del calore. Conduzione. Convezione. Irraggiamento. Legge dell'irraggiamento di Stefan.
- *Primo principio della termodinamica*. Stato di equilibrio dei sistemi. Equazione di stato. Trasformazioni reali e trasformazioni reversibili. Spazio delle fasi. Energia interna dei sistemi. Definizione del calore. Primo principio della termodinamica. Calori specifici. Trasformazioni isocore, isobare, isoterme e adiabatiche. Applicazioni del primo principio al gas perfetto e ai liquidi.
- *Teoria cinetica dei gas*. Modello meccanico dei gas. Gas perfetto. Interpretazione microscopica della pressione. Relazione fra temperatura e energia cinetica. Equipartizione dell'energia. Calori molari del gas perfetto.
- *Secondo principio della termodinamica*. Cicli. Macchine termiche. Macchina di Carnot. Rendimento della macchina di Carnot. Teorema di Carnot. Equazione di Clapeyron. Secondo principio della termodinamica. Equivalenza degli enunciati di Clausius e di

Kelvin. Entropia. Entropia dei sistemi isolati.

Testi consigliati

RESNIK e HOLLIDAY, *Fisica*, vol. 1, ed. CEA, Milano.

S. FOCARDI, *Problemi di fisica generale (meccanica, onde elastiche, termodinamica)*, vol. 1, ed. CEA, Milano.

FISICA II

Docente: Federico Palmonari

Contenuto del corso:

- *Il campo elettrico*. Carica elettrica; legge di Coulomb: definizione di campo elettrico e linee di forza; calcolo di semplici campi elettrici; campo di dipolo; moto di cariche elettriche in campi elettrici.
- *Campo elettrostatico nei conduttori e teorema di Gauss*. Flusso del campo elettrico e teorema di Gauss; carica e campo sulla superficie dei conduttori: induzione elettrostatica; macchine elettrostatiche; emissione delle punte e breakdown.
- *Il potenziale elettrico*. Differenza di potenziale; potenziale di un sistema di cariche ed energia potenziale elettrostatica; superfici equipotenziali; campo elettrico come gradiente del potenziale.
- *Capacità, energia elettrostatica e dielettrici*. Calcolo della capacità di un conduttore sferico e di un condensatore piano; condensatori in serie e in parallelo; energia elettrostatica di un condensatore; dielettrici e costante dielettrica.
- *Corrente elettrica*. Moto di cariche nei conduttori; velocità di deriva e resistenza, legge di Ohm; energia dissipata ed effetto Joule; conduttori, isolanti e semiconduttori.
- *Correnti continue*. Resistori in serie e in parallelo; circuiti elettrici e regole di Kirchoff; amperometro, voltmetro e ohmmetro; generatori di forza elettromotrice continua; resistenza interna del generatore; carica e scarica di un condensatore e circuiti RC.
- *Il campo magnetico*. Definizione della induzione magnetica B: magneti, poli magnetici e momento magnetico di un magnete e di una spira; moto di una carica puntiforme in un campo magnetico; frequenza di ciclotrone; l'effetto Hall.
- *Legge di Biot-Savart*. Campo magnetico di un filo e di una spira percorsi da corrente; forza tra due fili percorsi da corrente; definizione di Ampere, Coulomb e Ohm.
- *Legge di Ampere*. Circuitazione del campo magnetico: campo magnetico di un filo, di una spira e di un solenoide indefinito; flusso del campo magnetico; corrente di spostamento.
- *Legge di Faraday-Lenz*. Forza elettromotrice indotta da variazioni del flusso magnetico e da un campo magnetico variabile nel tempo; correnti parassite; induttanza di un solenoide; circuito LR; energia del campo magnetico.
- *Magnetismo nella materia*. Il vettore H e il vettore magnetizzazione M; suscettività e permeabilità magnetica; paramagnetismo, diamagnetismo e ferromagnetismo;

temperatura di Curie e ciclo di isteresi.

- *Correnti alternate.* Generatori di correnti alternate; resistori, condensatori e induttori in correnti alternate; circuito RLC con generatore; potenza dissipata, impedenza e grandezze efficaci; trasporto di energia elettrica; il trasformatore.
- *Equazioni di Maxwell e onde elettromagnetiche.* Teorema della divergenza e della rotazione; passaggio dalla forma integrale alla forma differenziale delle leggi dell'elettromagnetismo; le equazioni di Maxwell nel vuoto; soluzione delle onde piane; l'equazione delle onde; energia di un'onda elettromagnetica e vettore di Pointing; emissione di onde elettromagnetiche.
- *Propagazione della luce.* Lo spettro delle onde elettromagnetiche; la velocità della luce; propagazione della luce nei mezzi omogenei; principio di Huyghens-Fresnel e di Fermat; indice di rifrazione; leggi della riflessione e della rifrazione; luce polarizzata.
- *Ottica geometrica.* Formazione di immagini negli specchi piani e sferici; formazione di immagini per rifrazione; il diotro sferico; legge delle lenti sottili, convergenti e divergenti; lente di ingrandimento, microscopio e telescopio semplice.
- *Interferenza e diffrazione.* Interferenza da due fenditure e da un sistema di fenditure equamente spaziate; reticoli e risoluzione spettrale; figura di diffrazione di una fenditura; diffrazione e risoluzione di un telescopio.
- *Relatività* (facoltativo). L'interferometro di Michelson e la non esistenza dell'etere. I postulati di Einstein e la definizione dei sistemi di riferimento; dilatazione del tempo e contrazione dello spazio; costanza della velocità della luce e l'effetto Doppler relativistico; trasformazioni di Lorentz e trasformazioni di velocità; energia-quantità di moto relativistiche; massa a riposo; $E = mc^2$.

FISICA NUMERICA

Docente: Renato Campanini

Tipo: 40 ore di lezione con esercitazioni, semestrale

Esame: orale+progetto

Scopo del corso: Presentare le motivazioni, i fondamenti e le applicazioni delle reti neurali, algoritmi genetici, simulated annealing. Si introducono inoltre i concetti base di pattern recognition.

Contenuto del corso: Cenni alla fisiologia del sistema nervoso. Apprendimento e memoria. Storia delle reti neurali. Le memorie associative. Memorizzazione di patterns e loro richiamo. Stime sulla capacità di memoria con metodi della meccanica statistica. Memoria di sequenze temporali di patterns. Neuron stocastici e reti non deterministiche. Reti a strato feed forward. Metodi di supervisione, error back propagation. Reti a premio-punizione. Reti ricorrenti, la macchina di Boltzmann. Reti non supervisionate. Mappe somatotopiche, mappe di Kohonen. Tecniche statistiche di pattern recognition. Le reti neurali applicate al pattern recognition. Il metodo del simulated annealing nei problemi di

ottimizzazione. Gli algoritmi genetici, loro applicazioni. Reti neurali supervisionate da algoritmi genetici. Programmi dimostrativi sugli argomenti del corso.

Testi consigliati

B. MULLER REINHARDT, *Neural Networks*, 2nd ed, Springer Verlag.
W.H. PRESS et al., *Numerical Recipes*, 2nd. Ed., Cambridge Univ. Press.

GEOMETRIA

Docente: Marilena Barnabei

Tipo: 60 ore di lezione, 2° semestre, 1° anno

Esame: una prova pratica ed una prova teorica, entrambe scritte.

Scopo del corso: Nella prima parte del corso, che è strettamente connessa all'ultima parte del corso di Algebra, si riprende e prosegue lo studio delle proprietà delle matrici. Nella seconda parte si introducono le definizioni ed i risultati essenziali della teoria degli spazi vettoriali finitamente generati e dei relativi omomorfismi, utilizzando come strumento privilegiato le matrici. Nell'ultima parte, infine, si presentano gli elementi di base della teoria delle forme bilineari e delle forme quadratiche, teoria che verrà ampiamente utilizzata in diversi corsi degli anni successivi.

Contenuto del corso: L'algebra delle matrici quadrate. La scomposizione LU di una matrice quadrata. Sistemi omogenei. Spazio delle soluzioni di un sistema omogeneo. Determinante: definizione e proprietà. Metodo di Gauss per il calcolo del determinante. Spazi vettoriali: definizione e prime proprietà. Sottospazi. Intersezione e somma di sottospazi. Dipendenza e indipendenza lineare. Basi di uno spazio vettoriale. Dimensione. Identità di Grassmann. Trasformazioni lineari. Nucleo ed immagine. Matrice associata ad una trasformazione lineare, rispetto a due basi fissate. Matrici simili. Matrici diagonalizzabili. Endomorfismi diagonalizzabili. Autovalori ed autovettori e polinomio caratteristico di una matrice e di un endomorfismo. Studio della diagonalizzabilità di un endomorfismo. Congruenza tra matrici simmetriche. Algoritmo di Gauss-Lagrange. Forme bilineari. Matrice di Gram di una forma bilineare relativa ad una base fissata. Forme bilineari simmetriche (o prodotti interni). Basi ortogonali. Proiezione ortogonale di un vettore su di un altro e su di un sottospazio. Forme quadratiche. Teorema di Sylvester. Classificazione delle forme quadratiche reali. Spazi euclidei: norma, distanza e proprietà relative. Disuguaglianza di Cauchy-Schwarz. Basi ortonormali. Isometrie e loro caratterizzazioni. Matrici ortogonali e loro caratterizzazioni. Teorema spettrale.

Testi consigliati

M. BARNABEI e F. BONETTI, *Sistemi Lineari e Matrici*, Pitagora, Bologna, 1992.

M. BARNABEI e F. BONETTI, *Spazi vettoriali e Trasformazioni Lineari*, Pitagora, Bologna, 1993.

M. BARNABEI e F. BONETTI, *Matrici Simmetriche e Forme Quadratiche*, Pitagora, Bologna, 1994.

LINGUAGGI SPECIALI DI PROGRAMMAZIONE

Docente: Paola Salomoni

METODI DI APPROSSIMAZIONE

Docente: Laura Montefusco

METODI PER IL TRATTAMENTO DELL'INFORMAZIONE (MTI)

Docente: Roberto Gorrieri

Tipo: 120 ore di lezione, annuale

Esame: prova scritta di ammissione, seconda prova scritta di valutazione, prova orale facoltativa

Scopo del corso: Fornire le conoscenze sulle fondamenta teoriche dell'informatica; in particolare, si tratteranno la teoria degli automi e dei linguaggi formali, la teoria della computabilità, le basi della logica al primo ordine e le tecniche per definire la semantica dei linguaggi di programmazione.

Contenuto del corso: Il corso è suddiviso in quattro sottoparti strettamente correlate.

1. Linguaggi formali

Gerarchia di Chomsky per le grammatiche e i linguaggi; generazione e riconoscimento. Automi a stati finiti deterministici e non deterministici; automa minimo; proprietà di chiusura e decidibilità dei linguaggi regolari. Operazioni algebriche tra stringhe e linguaggi; espressioni regolari. Linguaggi liberi; teorema « $uvwxy$ »; decidibilità; automi a pila non deterministici. Cenni sui linguaggi liberi deterministici, sulle proprietà dei linguaggi dipendenti da contesto ed a struttura di frase; automi limitati linearmente e automi di Turing.

2. Elementi di Teoria della Calcolabilità

Prerequisiti di ogni nozione di algoritmo; questioni di cardinalità delle funzioni numeriche e di quelle intuitivamente calcolabili. Macchine di Turing e funzioni Turing

calcolabili; enumerazioni di Godel; macchine di Turing universali. Funzioni calcolabili generali; calcolabilità effettiva e non effettiva; tesi di Church. Insiemi ricorsivi e ricorsivamente enumerabili. Il teorema di ricorsione di Kleene ed il teorema di Rice. Ricorsione primitiva; la funzione di Ackermann. Operatore di minimizzazione e funzioni ricorsive generali.

3. Semantica dei linguaggi di programmazione

Panoramica sugli approcci operativo, denotazionale e assiomatico per il semplice linguaggio imperativo WHILE. Semantica operativa: sistemi di transizione; semantica naturale e semantica operativa strutturata per WHILE; teorema di equivalenza; blocchi e procedure; scoping statico e dinamico; verifica formale di correttezza di un compilatore. Semantica denotazionale: richiami di teoria degli ordinamenti parziali; teorema del punto fisso e sue applicazioni; semantica denotazionale diretta per WHILE; semantica diretta per blocchi e procedure; semantica denotazionale per continuazione; gestione delle eccezioni. Cenni a tecniche di dimostrazione formale di proprietà di programmi.

4. Complementi: Fondamenti di Logica e Prolog

Logica proposizionale: sintassi e semantica (approccio model-teoretico). Teorema di compattezza. Problema della soddisfacibilità (SAT). Proof Theory: sistemi assiomatici e (cenni di) calcolo dei sequenti. Teorema di completezza (senza dimostrazione). Metodo di risoluzione. Logica dei Predicati: sintassi e semantica (approccio proof-teoretico e model-teoretico). Indecidibilità della logica dei Predicati. Teorema di Church. Teoria di Herbrand. Teorema di Church-Herbrand-Skolem. Riduzione a clausole e skolemizzazione. e model-teoretico). Skolemizzazione. Indecidibilità della Logica dei Predicati. Teorema di Church (senza dimostrazione). Teoria di Herbrand. Teorema di Church-Herbrand-Skolem. Unificazione. Metodo di Risoluzione.

Testi consigliati

M. AIELLO, A. ALBANO, G. ATTARDI e U. MONTANARI, *Elementi di Teoria della Computabilità, Logica, Teoria dei Linguaggi Formali*, Ed. Tecnico Scientifica, Pisa.
H.R. NIELSON, F. NIELSON, *Semantics with Applications: An Introduction*, Wiley, 1992.
A. ASPERTI, A. CIABATTONI, *Logica ad Informatica*, Mc Graw-Hill, 1997.

RICERCA OPERATIVA E GESTIONE AZIENDALE

Docente: Aristide Mingozzi

Tipo: 90 ore di lezione, 1° semestre, II anno

Esame: orale, scritto e discussione elaborato di calcolo

Contenuto del corso:

PROGRAMMAZIONE LINEARE - Formulazione di un problema - Funzioni ed insiemi convessi - Algoritmo del simplesso - Algoritmo del simplesso con variabili limitate - Dualità - Metodi computazionali - Analisi della sensitività Algoritmo Primale-Duale.

ELEMENTI DI TEORIA DEI GRAFI - Definizioni - Connettività e raggiungibilità -

Alberi ed arborescenze: algoritmi - Algoritmi per il calcolo di cammini minimi - Cicli e circuiti.

ALGORITMI PER PROBLEMI STRUTTURATI - a. Forme speciali del semplice - Il problema dei trasporti - Flusso massimo a costo minimo b.; Algoritmi basati sul primale-duale - Il problema del flusso massimo - Algoritmi di Ford-Fulkerson - Cammino minimo in un grafo - Metodo ungherese per il problema dei trasporti e dell'assegnamento - Algoritmi per il flusso massimo a costo minimo.

PROGRAMMAZIONE LINEARE A NUMERI INTERI - Matrici unimodulari - Piani di taglio - Metodi Branch and Bound - Tecniche per il calcolo dei bounds - Rilassamento lagrangiano - Esempi di algoritmi Branch and Bound - La programmazione dinamica.

SISTEMI PER L'ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE I

Docente: Marco Rocetti

Tipo: 80 ore di lezione + esercitazioni, annuale, II anno

Esame: scritto/orale, con presentazione di progetti intermedi

Scopo del corso: Il corso si propone di presentare l'architettura di un sistema di elaborazione basato su microprocessore, mettendone in luce sia gli aspetti teorici che le scelte progettuali e le tecniche implementative. Della suddetta architettura vengono discussi in dettaglio: il livello delle logiche digitali, il livello della macchina microprogrammata, il livello macchina convenzionale ed il livello del linguaggio assembly.

Contenuto del corso: - Caratterizzazione del Corso: Strutturazione Gerarchica Processi di Traduzione ed Interpretazione, Organizzazione Hardware, Processo di Esecuzione. - Rappresentazione dell'Informazione negli Elaboratori: Rappresentazione dei Numeri Naturali e Relativi, Codici di Comunicazione, Rappresentazioni Indirette, Rappresentazione dei Numeri Frazionari, Rappresentazione IEEE 754. - Livello delle Logiche Digitali: Porte Logiche ed Elementi di Algebra di Boole, Principali Circuiti Logici Digitali, Sintesi e Analisi di Circuiti Combinatori, Full Adder e ALU, Sintesi e Analisi di Circuiti Sequenziali, Latch, Flip-Flop, Contatori, Memoria, Bus, I/O chips, Memory-Mapped I/O. - Livello della Microarchitettura: Data Path, Microistruzioni, Processo di Esecuzione e Implementazione, Tecniche di Microprogrammazione, Un Esempio di Microarchitettura, Un Esempio di Macroarchitettura, Un Esempio di Microprogramma. - Livello Macchina Convenzionale: Formato delle Istruzioni, Modalità di Indirizzamento, Controllo del Flusso, Procedure e Coroutine, Trap e Interrupt. - Aspetti Prestazionali: Elementi di Valutazione delle Prestazioni, Pipelining, Gerarchie di Memoria. - Livello del Linguaggio Assembly: Introduzione, Il Processo di Assemblaggio, Linking e Loading. - Assembler per il Processore MC68000: Architettura del MC68000, L'Assemblatore, Istruzioni per il Controllo del Flusso, Modalità di Indirizzamento, Sottoprogrammi, Interazione con i Dispositivi di I/O. - Appendice: Il Linguaggio di Programmazione C,

Tipi, Operatori ed Espressioni, Strutture di Controllo del Flusso, Funzioni e Struttura dei Programmi, Puntatori e Array, Strutture Complesse, Dispositivi di I/O, Interfaccia al sistema operativo Unix.

Testi consigliati

A.S. TANENBAUM, *Structured Computer Organization*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs (NJ), 1990.

D.A. PATTERSON, J.L. HENNESSY, *Computer Organization and Design - The HW/SW Interface*, Morgan Kaufmann, San Mateo (CA), 1994.

J. BACON, *The Motorola MC68000*, Prentice-Hall International (UK), 1989.

F. LUCCIO, L. PAGLI, *Reti Logiche e Calcolatore*, Boringhieri, Torino, 1986.

B. W. KERNIGHAN, D. M. RITCHIE, *The C Programming Language*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs (NJ), 1978.

SISTEMI PER L'ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE II

Docente: Mauro Gaspari

Tipo: Scienze dell'Informazione (sede di Cesena)

Crediti: 100 ore, annuale, 3° anno

Scopo del corso: Lo scopo del corso è di introdurre i problemi legati alla progettazione e alla realizzazione dei sistemi operativi. L'obiettivo è quello di dare allo studente una panoramica completa sui sistemi operativi moderni che va dall'introduzione degli aspetti di base, alla descrizione di sistemi operativi attualmente utilizzati, fino alla presentazione di alcune problematiche che riguardano la realizzazione di sistemi operativi distribuiti. A tal fine il corso è diviso in tre parti. Nella prima parte vengono introdotti i concetti e le nozioni di base che caratterizzano la struttura di un sistema operativo. Nella seconda parte viene presentato il sistema operativo Unix. Nella terza parte vengono dati alcuni cenni su architetture parallele e sistemi operativi distribuiti.

Contenuto del corso:

PARTE I: Introduzione ai Sistemi Operativi – Richiami sull'architettura hw dei sistemi di elaborazione; I servizi dei sistemi operativi; Macchine Astratte Concorrenti; Architetture di Sistema; Gestione delle risorse; Meccanismi di Programmazione Concorrente; Gestione del processore; Gestione dei dispositivi; Gestione dei programmi; Gestione della memoria; Gestione del file system.

PARTE II: Il sistema operativo Unix – Visione utente; Programmazione di sistema; Linux.

PARTE III: Sistemi Operativi Distribuiti – Cenni su architetture parallele; Cenni su sistemi operativi distribuiti.

Testi consigliati

MAESTRINI, *Sistemi operativi*, McGraw Hill, 1994.

TANENBAUM, *Modern Operating Systems*, PrenticeHall, 1991 (ediz. Italiana: Jackson Libri, 1994).

Testi di riferimento:

ANDREWS, *Concurrent Programming*, Benjamin-Cummings, 1991.

BURNS e DAVIES, *Concurrent Programming*, Addison Wesley, 1993.

BACON, *Concurrent Systems*, Addison Wesley, 1993.

KERNINGHAM e PIKE, *The Unix Programming Environment*, Prentice Hall, 1984.

TECNICHE DI PROGETTAZIONE AUTOMATICA

Docente: Adalberto Piccioni

Tipo: 35 ore di lezione, 2° semestre, 4° anno

Esame: orale, con presentazione e discussione di un elaborato

Scopo del corso: Offrire una introduzione alla grafica con la matematica di base e gli algoritmi fondamentali. Dare allo studente i mezzi necessari per sviluppare progetti di CAGD con particolare attenzione al rendering e all'animazione.

Contenuto del corso: Introduzione all'ambiente X-Windows. Trasformazioni affini e prospettiche. Curve parametriche, interpolanti e approssimanti. Combinazioni baricentriche convesse e algoritmo di De Casteljaeu. Polinomi di Bernstein e curve di Bezier. Condizioni di raccordo di tratti di curve polinomiali. Spline, B-spline e NURBS. Superfici prodotto tensoriale, pezze di Coons, pezze di Bezier. Superfici di rotazione, di scorrimento, di estrusione. Superfici booleane. Metodi di rendering. Eliminazione delle linee nascoste. Ray tracing. Sorgenti e colpi di luce. Distribuzione del colore e delle sfumature; rendering di Phong. Introduzione all'animazione. In betweening: keyframe interpolation, animazione parametrica e algoritmica. Sincronizzazione del moto.

Testi consigliati

D.F. ROGERS, J.A. ADAMS, *Mathematical Elements for Computer Graphics*, McGraw-Hill Int. ISBN 0-07-100289-8.

G. FARIN, *Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design, a practical guide*, Academic Press Inc. ISBN 0-12-249052-5.

F. YAMAGUKI, *Curves and Surfaces in Computer Aided Geometric Design*, Springer Verlag.

N.M. THALMANN, D. THALMANN, *Computer Animation, Theory and Practice*, Springer Verlag.

TECNICHE NUMERICHE E ANALOGICHE**Docente: Stefano Rizzi****Tipo:** Semestrale, quarto anno, primo semestre, 45 ore di lezione**Esame:** discussione di un elaborato di progetto, prova scritta, prova orale

Scopo del corso: Fornire all'allievo le nozioni fondamentali riguardanti le basi avanzate, assumendo come prerequisito una sufficiente conoscenza delle basi di dati di tipo relazionale. Particolare accento viene posto sulla trattazione delle basi di dati a oggetti e distribuite, nonché sulle tematiche legate al data warehousing. Parte integrante del corso sono le esercitazioni di laboratorio, basate su strumenti tecnologicamente avanzati e ampiamente diffusi in ambito aziendale.

Contenuto del corso: Basi di dati ad oggetti: il modello dei dati, linguaggi di interrogazione, memorizzazione degli oggetti, versioning ed evoluzione, autorizzazioni, transazioni, ottimizzazione delle interrogazioni, strutture d'accesso. Basi di dati distribuite: trasparenza, architettura, progetto, ottimizzazione ed esecuzione di interrogazioni. Data Warehousing: architettura, modello concettuale e progettazione concettuale, modello logico, indici, tecniche di analisi dei dati. Basi di dati spaziali: architettura, rappresentazione dei dati, interrogazioni, strutture dati spaziali. Cenni su: basi di dati attive, information retrieval, database di immagini, basi di dati temporali, basi di dati relazionali ad oggetti, basi di dati e World Wide Web.

Testi consigliati

P. ATZENI, S. CERI, S. PARABOSCHI, R. TORLONE. *Basi di dati: concetti, linguaggi e architetture*. McGraw-Hill, 1996

E. BERTINO, L. D. MARTINO. *Sistemi di basi di dati orientate agli oggetti*. Addison Wesley - Masson, 1993.

S. CERI, G. PELAGATTI. *Distributed databases - principles and systems*. McGraw-Hill, 1984

R. KIMBALL, *The data warehouse toolkit*, John Wiley & Sons, 1996.

TECNICHE SPECIALI DI ELABORAZIONE**Docente: Franco Casali****Tipo:** 30-35 ore di lezione comprese esercitazioni, II semestre, A.A. 1997/98**Esame:** orale

Scopo del corso: Fornire i rudimenti dell'acquisizione ed elaborazione delle immagini, con particolare enfasi agli aspetti sperimentali.

Contenuto del corso:

- Nozioni introduttive: la luce e le sue misure, il sistema RGB, la percezione visiva e

- l'occhio umano, il processo fotografico.
- Le immagini digitali: formazione dell'immagine, digitalizzazione, qualità dell'immagine, operazioni geometriche.
 - Tecniche di elaborazioni puntuali: riduzione ad un istogramma prefissato, equalizzazione, aumento del contrasto.
 - Tecniche di filtraggio numerico: operazioni di filtraggio locale, le trasformate di Fourier, filtri nel dominio di Fourier.
 - Tecniche di segmentazione: segmentazione mediante l'uso di soglie, immagini telerilevate.
 - Dispositivi per l'acquisizione di immagini digitali: microdensitometri, sistemi TV con schermi convenzionali, sistemi TV con CCD, telecamere particolari.
 - Applicazioni della digitalizzazione delle immagini: per il patrimonio artistico, nel campo medico, nel campo industriale, nel campo ambientale.
 - Tecniche tomografiche: i rivelatori per la CT, metodi matematici per la ricostruzione dell'immagine, applicazioni.
 - Tecniche di compressione immagini: algoritmi lossless e lossy, entropia di un'immagine, modelli di sorgente, codifica Huffman.
 - Valutazione quantitativa della qualità di un'immagine: funzioni di trasferimento nel campo spaziale (PSF, LSF, ESF) e nel campo di Fourier (OTF, MTF) e loro determinazione sperimentale. Realizzazione di esperienza di laboratorio.

Testi consigliati

P. MELLI, *L'elaborazione digitale dell'immagine*, Ediz. Franco Angeli.

R.C. GONZALES, P. WINTZ, *Digital image processing*, Addison-Wesley.

TEORIA DEI GRAFI

Docente: Aristide Mingozi

Tipo: 60 ore di lezione, 2° semestre

Esame: orale, con discussione elaborato di progetto

Contenuto del corso:

INTRODUZIONE

Definizione e concetti di base - Tipi di grafi - Connettività - Insiemi indipendenti e dominanti

COLORAZIONE DEI GRAFI

Risultati teorici - Formulazioni - Metodi esatti ed euristici - Applicazioni

LOCALIZZAZIONE DI CENTRI E MEDIANI

Algoritmi esatti ed euristici - Applicazioni

ALBERI ED ARBORESCENZE

Teoremi fondamentali - Algoritmi esatti

CAMMINI MINIMI

Algoritmi per grafi con costi positivi e/o negativi - Cammini minimi con vincoli - Circuiti di costo medio minimo
FLUSSI IN UN GRAFO
 Algoritmi per il flusso massimo con vincoli - Algoritmi per il flusso massimo a costo minimo
MATCHING
 Matching di cardinalità massima - Algoritmo esatto Matching di costo minimo - Algoritmo esatto
GRAFI EULERIANI
 Riconoscimento - Il problema del Postino Cinese
GRAFI PLANARI
 Teoremi fondamentali - Dualità - Riconoscimento di grafi planari - Il problema del grafo planare massimo (a costo minimo)
ALGORITMI EURISTICI PER IL TSP
 Valutazione della distanza dall'ottimo - Metodi greedy - Metodi r-ottimali - L'algoritmo di Christofides
APPLICAZIONI
 Il TSP con vincoli di precedenza e time windows - Schedulazione di progetti con vincoli di risorsa - Il Vehicle Routing Problem: metodi esatti ed euristici

TEORIA DELL'INFORMAZIONE E DELLA TRASMISSIONE

Docente: Vittorio Maniezzo

Tipo: 75-80 ore di lezione, 2° semestre, 4° anno

Esame: discussione di un elaborato, prova scritta, prova orale

Contenuto del corso: Il corso è strutturalmente diviso in due parti, una relativa alla teoria della trasmissione e una alla teoria dell'informazione. Ciascuna delle due parti è a sua volta costituita da due temi principali, rispettivamente trasmissione modulata di segnali analogici e trasmissione su reti di calcolatori per quanto riguarda la teoria della trasmissione, teoria statistica dell'informazione e teoria delle decisioni per quanto riguarda la teoria dell'informazione. Gli argomenti trattati saranno più in dettaglio i seguenti. Dopo brevissimi richiami di analisi si introduce lo studio delle trasmissioni nel dominio del tempo (integrali di convoluzione) e nel dominio delle frequenze. Dopodiché si passa ad affrontare lo studio delle trasmissioni in AM (derivazione, spettro segnale modulato, rappresentazione mediante fasori) e in FM (derivazione, spettro segnale modulato, rappresentazione mediante fasori). Infine si accennerà al teorema del campionamento. Per quanto riguarda le reti di calcolatori, dopo aver richiamato la distinzione LAN/MAN/WAN si passeranno in rassegna i protocolli dei diversi livelli ISO/OSI e li si confronterà con TCP/IP e UDP/IP. Verranno brevemente trattati anche i protocolli Ethernet e Netbeui. Per quanto riguarda la teoria dell'informazione, dopo un breve ripasso sulla teoria delle probabilità e processi casuali (stocastici, Markoviani, ergodici) si introdurranno le misure

dell'informazione e l'entropia dell'informazione proposta da C. Shannon. Si passerà poi a studiare l'utilizzo di tali grandezze nell'ambito della teoria dei codici, con riferimento sia a canali ideali che a canali reali. Infine si tratterà di come sia possibile quantificare e valutare l'informazione nell'ambito dei processi decisionali. Dopo brevi richiami algebrici (teoremi di Farkas, Lagrange e Kuhn-Tucker) si passerà allo studio di elementi di teoria delle decisioni su domini decisionali continui. Poi si affronterà il caso discreto, introducendo le metodologie dell'analisi gerarchica e i vari metodi Electre. Infine, si tratterà il caso della programmazione in condizioni di incertezza.

Testi consigliati

Dispense a cura del docente.

A.S. TANENBAUM, *Reti di computer*, Prentice-Hall.

D.E. COMER, *Internetworking with TCP/IP: principles, protocols and architectures*, Prentice-Hall.

D.E. COMER, D.L. STEVENS, *Internetworking with TCP/IP: design, implementation and internals*, Prentice-Hall.

D. HUTCHINSON, *LAN architectures*, Addison-Wesley.

L. LUNELLI, *Teoria dell'informazione e dei codici*, CLUP.

R.G. GALLAGER, *Information theory and reliable communication*, J.Wiley.

F.M. REZA, *An introduction to information theory*, McGraw-Hill.

P. VINKE, *Multicriteria decision-aid*, J.Wiley.

R. KEENEY, H. RAIFFA, *Decision with multiple objectives*, J.Wiley.

TEORIA E APPLICAZIONE DELLE MACCHINE CALCOLATRICI

Docente: Alessandro Panconesi

Tipo: 64 ore di lezione e 32 di esercitazione, annuale, 1° anno

Esame: scritto e orale

Scopo del corso: Definire un programma per computer come prodotto, discuterne i processi di produzione e i criteri di qualità anche in riferimento a diversi ambienti di programmazione. Saper applicare alcune linee guida per la scelta del linguaggio di programmazione più adatto per l'implementazione di un programma e per la effettuazione di dimostrazioni e verifiche di correttezza.

Contenuto del corso: Struttura di un computer, il linguaggio macchina e i linguaggi di programmazione di alto livello. La sintassi dei linguaggi di programmazione PROLOG e PASCAL. L'uso di programmi per la soluzione di problemi primitivi. La soluzione di problemi complessi mediante l'impiego delle tecniche di scomposizione di problemi in sottoproblemi: scomposizioni sequenziali, condizionali e ricorsive. La programmazione come trasformazione della struttura di un problema nella struttura di un programma. Elementi di pragmatica della programmazione: documentazione di un

programma, i casi di prova e il debugging. Elementi di semantica dei linguaggi di programmazione e correttezza di un programma. Efficienza e complessità di un programma. Strutture dati e algoritmi notevoli. Visite di alberi e grafi con applicazioni. Cenni sulla teoria della calcolabilità: la macchina di Turing e la tesi di Church.

Testi consigliati

L. CONSOLE, E. LAMMA E P. MELLO, *Programmazione logica e Prolog*, Utet.

I. BRATKO, *PROLOG programming for Artificial Intelligence*, Addison Wesley, 2° Ed.

A. A. BERTOSSI, *Strutture Algoritmi Complessità*, Ecig, Genova.

N. WIRTH, *Algoritmi + Strutture Dati = Programmi*, Ed. Tecniche Nuove.

TEORIA E METODI DELL'OTTIMIZZAZIONE

Docente: Charles Broyden

TRATTAMENTO DELL'INFORMAZIONE NELL'IMPRESA

Docente: Stefano Rizzi

Tipo: Semestrale, quarto anno, secondo semestre, 45 ore di lezione

Esame: discussione di un elaborato di progetto, prova scritta, prova orale

Scopo del corso: Fornire all'allievo le nozioni fondamentali riguardanti l'ingegneria del software e gli strumenti necessari per la progettazione di un sistema informativo; particolare accento verrà posto sui metodi che consentono l'impiego corretto delle tecnologie delle basi di dati relazionali e delle basi di dati a oggetti. Parte integrante del corso è costituita da esercitazioni riguardanti la progettazione di sistemi informativi, in configurazione centralizzata e distribuita.

Contenuto del corso: Ingegneria del software: analisi costi-benefici, controllo di qualità. Ciclo di vita dei sistemi informativi. Pianificazione e valutazione costi-benefici. Raccolta ed analisi dei requisiti. Specificazione dei requisiti. Modellazione dei dati: modelli ad oggetti. Modellazione delle funzioni: Data Flow Diagram, diagrammi SADT, linguaggio strutturato, alberi e tabelle di decisione. Modellazione della dinamica: automi a stati finiti, reti di Petri. Integrazione dei vari modelli. Cenni sui linguaggi formali di specifica. Metodi di progettazione basati su scomposizione funzionale. Analisi strutturata, cenni ad altri metodi. Metodi di progettazione orientati ad oggetti: il linguaggio UML, il metodo OMT. Il linguaggio C++.

Testi consigliati

- P. COAD, E. YOURDON, *OOA Analisi dei Sistemi Orientati agli Oggetti*, Jackson, 1991
A. M. DAVIS, *Software Requirements: Analysis & Specification*, Prentice Hall, 1993.
C. GHEZZI et al., *Ingegneria del Software*, Mondadori Informatica, 1991.
J. RUMBAUGH et al., *Object-Oriented Modeling and Design*, Prentice Hall, 1991.

**Corso di Laurea
in
SCIENZE GEOLOGICHE**

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE GEOLOGICHE

Introduzione al Nuovo Ordinamento

PIANO DIDATTICO

A partire dall'A.A. 1992-93 è stato attivato il nuovo ordinamento del Corso di Laurea in Scienze Geologiche, impostato sulla durata di 5 anni. Dall'A.A. 1996-97 sono attivi tutti gli anni del nuovo ordinamento.

Il Corso di Laurea in Scienze Geologiche del Nuovo Ordinamento prevede un triennio di base e un biennio di applicazione comprendente 4 indirizzi. I corsi sono tutti (meno uno) organizzati per cicli intensivi.

INSEGNAMENTI FONDAMENTALI (TRIENNIO DI BASE)

1° Anno

<i>1° Ciclo</i>	<i>2° Ciclo</i>
<ul style="list-style-type: none">• Paleontologia• Laboratorio di Paleontologia (esame integrato con paleontologia)• Istituzioni di Matematiche I	<ul style="list-style-type: none">• Chimica generale ed inorganica con elementi di organica• Fisica sperimentale I• Geografia fisica

2° Anno

<i>1° Ciclo</i>	<i>2° Ciclo</i>
<ul style="list-style-type: none">• Istituzioni di matematiche II• Mineralogia• Fisica sperimentale II	<ul style="list-style-type: none">• Laboratorio di Mineralogia (esame integrato con mineralogia)• Geologia I• Laboratorio di Geologia (esame integrato con Geologia I)
<ul style="list-style-type: none">• Geomorfologia (a estensione annuale)	

3° anno

<i>1° Ciclo</i>	<i>2° Ciclo</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Petrografia • Geologia applicata • Fisica terrestre • Geochimica 	<ul style="list-style-type: none"> • Geologia II • Laboratorio di Geologia II (esame integrato con Geologia II) • Laboratorio di Petrografia (esame integrato con Petrografia) • Rilevamento geologico

I Corsi integrati con Laboratorio comportano una prova finale unica di accertamento, sostenuta con una Commissione unica. Durante il triennio lo studente deve partecipare ad esercitazioni sul terreno per non meno di sei giornate. I docenti di Geologia II e Laboratorio di Geologia II valuteranno una relazione scritta (relativa al lavoro svolto in campagna) che ogni studente preparerà e consegnerà nei tempi prescritti dai Docenti stessi.

La Facoltà organizza, altresì, corsi di lingua inglese che si concludono con una prova obbligatoria di conoscenza dell'inglese.

L'esame di Istituzioni di Matematiche I deve precedere quello di Istituzioni di Matematiche II. L'esame di Fisica sperimentale I deve precedere quello di Fisica sperimentale II. Gli esami di Fisica sperimentale I e Chimica devono precedere quello di Mineralogia. Gli esami di Istituzioni di Matematiche II e di Fisica sperimentale II devono precedere quello di Fisica terrestre. Gli esami di Chimica e Mineralogia devono precedere quelli di Geochimica e Petrografia. Gli esami di Paleontologia e di Geologia I devono precedere quello di Geologia II. L'esame di Geologia I e Laboratorio deve precedere quello di Geologia applicata.

Allo studente che ha superato tutti gli esami prescritti nel triennio, su richiesta, viene rilasciato un certificato attestante il completamento degli studi propedeutici alla Laurea in Scienze Geologiche.

BIENNIO DI APPLICAZIONE

Lo studente può iscriversi al 4° Anno anche in difetto degli esami previsti dall'ordinamento didattico purché gli esami del 1°, 2° e 3° anno siano stati sostenuti prima di quelli del 4° anno. Il rispetto delle propedeuticità è prevalente rispetto agli sbarramenti fra anni di corso, ove previsti.

Il Biennio di applicazione si articola nei quattro indirizzi sotto elencati. Ogni indirizzo è costituito da otto corsi di novanta ore, di cui cinque caratterizzanti; le restanti tre discipline sono scelte dagli studenti nella lista delle discipline facoltative, attivate o mutate dalla Facoltà. Tra i complementari può essere indicato anche uno dei corsi qualificanti di indirizzi diversi da quello scelto.

Indirizzo geologico-paleontologico**4° Anno**

<i>1° Ciclo</i>	<i>2° Ciclo</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Sedimentologia • Micropaleontologia 	<ul style="list-style-type: none"> • Geologia stratigrafica • Paleontologia II

5° Anno

<i>1° Ciclo</i>	<i>2° Ciclo</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Geologia regionale 	

Indirizzo petrologico-geochimico**4° Anno**

<i>1° Ciclo</i>	<i>2° Ciclo</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Petrologia • Petrografia del sedimentario 	<ul style="list-style-type: none"> • Geochimica applicata • Vulcanologia

5° Anno

<i>1° Ciclo</i>	<i>2° Ciclo</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Giacimenti minerali 	

Indirizzo geofisico e geologico-strutturale**4° Anno**

<i>1° Ciclo</i>	<i>2° Ciclo</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Fisica della Terra solida • Sismologia 	<ul style="list-style-type: none"> • Geologia del Cristallino • Geologia strutturale

5° Anno

<i>1° Ciclo</i>	<i>2° Ciclo</i>
	<ul style="list-style-type: none"> • Geodinamica

Indirizzo geologico-applicato**4° Anno**

<i>1° Ciclo</i>	<i>2° Ciclo</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Fotogeologia 	<ul style="list-style-type: none"> • Idrogeologia • Esplorazione geologica del sottosuolo

5° Anno

<i>1° Ciclo</i>	<i>2° Ciclo</i>
• Complementi di Geologia applicata	• Rilevamento geologico-tecnico

DISCIPLINE FACOLTATIVE ATTIVATE O MUTUATE NELL'A.A. 1998/99

<i>Disciplina</i>	<i>Mutate da</i>
CHIMICA FISICA	Scienze Biologiche
DIRITTO MINERARIO (per Legislazione Mineraria)	Ingegneria
ESTIMO (sem.)	Ingegneria
GEODESIA	Fisica
GEOFISICA APPLICATA (per Geofisica Mineraria)	Ingegneria
GEOLOGIA AMBIENTALE	Scienze naturali
GEOTECNICA	Ingegneria
LABORATORIO GEOFISICA (per Sismometria)	Fisica
MECCANICA DELLE ROCCE	Ingegneria
MINERALOGIA APPLICATA	
PALEOECOLOGIA	
PETROGRAFIA APPLICATA	
SEDIMENTOLOGIA E REGIME DEI LITORALI	Scienze Naturali
SPELEOLOGIA	
TECNICA DEI SONDAGGI	Ingegneria

ESAMI DI PROFITTO E DI LAUREA

Saranno programmati almeno due appelli d'esame per ciascuna delle tre sessioni, assicurando di norma un intervallo di venti giorni fra i successivi appelli.

L'esame di laurea di scienze geologiche consiste nella discussione di una dissertazione scritta su un lavoro sperimentale, impostato e coordinato dal relatore, basato su di un rilevamento geologico o su altra elaborazione originale di argomenti di Scienze della Terra, e di almeno una tesina sperimentale su altro argomento di Scienze della Terra. Venti giorni prima dell'esame di laurea, lo studente deve presentare la tesi in versione definitiva e recante la firma del Relatore nel frontespizio. Il diploma di laurea riporta il titolo di laureato in scienze geologiche: il relativo certificato fa menzione dell'indirizzo seguito.

NORME PER IL RICONOSCIMENTO DEGLI ESAMI E DELLA FREQUENZA DEI CORSI DI ALTRE FACOLTÀ

Chimica generale e inorganica con elementi di organica: Si riconoscono validi sia le firme di frequenza che gli esami di: «Chimica» per Agraria, Astronomia, Fisica (Fac. Scienze), Farmacia, Ingegneria, Chimica e Tecnologie Farmaceutiche, Medicina e Chirurgia, Medicina Veterinaria; «Chimica Generale e inorganica» per Chimica; Scienze

Naturali e Biologiche; Scienze Ambientali (Fac. Scienze); Chimica Industriale.

Fisica Sperimentale I e II: Si riconoscono validi sia le firme di frequenza che gli esami di qualunque corso di «Fisica» a estensione biennale.

Istituzioni di Matematiche I: Si riconoscono i seguenti esami, purché sostenuti presso l'Ateneo di Bologna: «Analisi Matematica I» per Ingegneria, Matematica, Fisica, Astronomia, Scienze dell'Informazione e Informatica; «Istituzioni di Analisi matematica» per Scienze Statistiche; «Istituzioni di Matematiche I» per Chimica, per Chimica Industriale e Scienze Ambientali; «Matematica generale» per Economia e Commercio; «Elementi di matematica» per il diploma di Statistica; Matematica per Agraria; «Istituzioni di Matematiche» per Scienze Biologiche e Naturali.

Si riconosce inoltre la firma di frequenza di uno qualsiasi dei corsi sopra indicati. Se l'esame è stato superato presso un altro Ateneo, si deve presentare il programma firmato dal docente.

Istituzioni di Matematiche II: Si riconoscono solo la firma di frequenza di un qualunque corso di «Analisi Matematica II», «Istituzioni di Matematiche II» o di «Analisi Matematica» per Scienze Statistiche.

Vecchio ordinamento Per quanto riguarda gli studenti fuori corso che debbano ancora richiedere la tesi di laurea, valgono le norme previste dal Vecchio Ordinamento. Essi dovranno in ogni caso avere superato almeno 7 esami, tra cui Istituzioni di Matematiche, Chimica generale e inorganica con elementi di Organica, Fisica Sperimentale I e II, Geografia, oltre a:

- Paleontologia (per tesi in campo geologico)
- Mineralogia (per tesi in campo mineralogico-petrografico)
- Fisica Terrestre (per tesi in campo geofisico).

ISTITUZIONI DOVE SI TENGONO I CORSI

DIPARTIMENTO DI FISICA

Via Irnerio, 46 e Viale Berti Pichat, 6/2°, 8

- Fisica della terra solida
- Fisica Sperimentale II
- Fisica Terrestre
- Geodesia
- Geodinamica
- Geofisica
- Geofisica applicata
- Sismologia
- Sismometria

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA E GEOLOGICO-AMBIENTALI

Via Zamboni, 67 (Aule G1 - G2 - G3 - G4 - G5)

- Esplorazione geologica del sottosuolo
- Fisica Sperimentale II
- Fotogeologia
- Geografia Fisica
- Geologia I e Laboratorio di Geologia I
- Geologia II e Laboratorio di Geologia II
- Geologia Applicata
- Geologia regionale
- Geologia stratigrafica
- Geologia Strutturale
- Geomorfologia
- Idrogeologia
- Micropaleontologia
- Paleoecologia
- Paleontologia e Laboratorio di Paleontologia
- Paleontologia II
- Rilevamento geologico
- Sedimentologia
- Sedimentologia e regimi dei litorali
- Speleologia

Piazza di Porta San Donato, 1 (Aule M1 - M2 - M3 - M4 - M5)

- Chimica generale e inorganica con elementi di organica
- Fisica Sperimentale I
- Geochimica
- Geochimica applicata
- Geologia del Cristallino
- Giacimenti minerari
- Istituzioni di Matematiche I e II
- Mineralogia e Laboratorio di Mineralogia
- Mineralogia Applicata
- Petrografia e Laboratorio di Petrografia
- Petrografia Applicata
- Petrografia del Sedimentario
- Petrologia
- Vulcanologia

Gli altri corsi sono tenuti presso la Facoltà di Ingegneria, Viale Risorgimento, 2.

Programmi dei corsi

CHIMICA GENERALE ED INORGANICA CON ELEMENTI DI ORGANICA

Docente: Adriana Bigi

Tipo: 90 ore di lezione, 2° semestre, 1° anno

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire i principi di base della chimica generale e della chimica inorganica, oltre ad alcuni elementi fondamentali della chimica organica. Sviluppare gli aspetti interpretativi e pratici propri della chimica moderna, attraverso la trattazione della chimica generale da un punto di vista chimico-fisico ed un adeguato supporto di esercitazioni numeriche e di laboratorio.

Contenuto del corso: Proprietà della materia. Teoria atomica: leggi fondamentali, particelle subatomiche, isotopi, massa atomica relativa, concetto di mole. Composti chimici e loro formule. Nomenclatura dei composti inorganici. Reazioni chimiche e stechiometria. Leggi dei gas. L'equazione di stato dei gas ideali. Miscele di gas. Gas reali. Struttura atomica: configurazione elettronica degli atomi e Tavola periodica. Il legame ionico. Il legame covalente. Legami multipli. Geometria del legame. Delocalizzazione degli elettroni e risonanza. Cariche formali. Orbitali ibridi. Polarità del legame ed elettronegatività. Il legame metallico. Il legame a idrogeno. Forze di Van der Waals. Primo principio della termodinamica. Calore di reazione e variazione di entalpia. Termochimica: legge di Hess. Il concetto di entropia. Secondo principio della termodinamica. Variazione dell'energia libera e criteri di spontaneità. Proprietà dei liquidi. Passaggi di stato. Diagrammi di stato di sostanze pure. Le soluzioni: concentrazione, proprietà colligative. Diagrammi eutettici. Regola delle fasi. Cinetica chimica: velocità di reazione ed ordine di reazione. Variazione dell'energia libera di una reazione e costante di equilibrio. Legge di azione di massa. Effetto della temperatura sull'equilibrio. Principio di Le Chatelier. Equilibri omogenei. Equilibri eterogenei. Equilibri in soluzione acquosa. Caratteristiche degli elementi in relazione alla loro posizione nella Tavola periodica. Elettrochimica: celle chimiche reversibili, equazione di Nerst, scala dei potenziali standard di riduzione, elettrolisi. Cenni di chimica nucleare e radiochimica. Chimica organica: idrocarburi alifatici ed aromatici, principali gruppi funzionali.

Testi consigliati

R.H. PETRUCCI - W.S. HARWOOD, *Chimica Generale*, Piccin, Padova.

P. CHIORBOLI, *Fondamenti di Chimica*, UTET, Torino.

- A. SACCO, *Fondamenti di Chimica 2*, Edizione, CEA, Milano.
S.S. ZUMDHAL, *Chimica*, Zanichelli, Bologna.
P. CORRADINI, *Chimica Generale*, 5. Edizione, CEA, Milano.
A. PELOSO, *Problemi di Chimica Generale*, Cortina, Padova.

COMPLEMENTI DI GEOLOGIA APPLICATA

Docente: Giancarlo Toni

Tipo: Intensivo, 1° semestre, 5° anno

Esame: orale

Scopo del corso: Proporre i concetti basilari della Geologia applicata, per lo studio analitico del rapporto sforzo deformazione nei mezzi geologici. Mettere lo studente in condizioni di comprendere la modellistica fisico-meccanica che interessa i fenomeni naturali tipici delle strutture geologiche, preesistenti. Permettere una serena analisi geotecnica al computer, al fine di una corretta progettazione geoingegneristica.

Contenuto del corso:

A - Concetti preliminari: progettazione geologica: Normativa e legislazione. Compagine delle terre e resistenza al taglio. Misure litoclastiche e loro utilizzo. Caratteri fisico-volumetrici degli aggregati e principali classificazioni. Comportamento fisico meccanico delle terre.

B - Complementi di geomeccanica: Spinta ed altezza critica delle terre. Determinazione del cuneo di spinta delle terre. Principi di misura elettronica e prove di taglio preliminari. Modelli fisico meccanici di misura della resistenza al taglio fondamentali. Edometria. e permeabilità dei mezzi geologici. Analisi distributiva e calcolo tensionale nel sottosuolo. Tensioni negli ammassi geolitologici e loro rappresentazione. Rapporto sforzo-deformazione nei modelli geologici. Stato di sollecitazione e rottura nei materiali geologici. Geometria della deformazione e fenomenologia del taglio. Valutazioni geomeccaniche e rilievi sperimentali. Principali classificazioni dei geoammassi e loro utilizzo.

C - Idrologia e modellazione: Misure piezometriche in sito e pozzi per acqua. Determinazione della permeabilità delle terre in laboratorio ed in campagna. Modalità dei fenomeni di permeazione idrica nei geoammassi e determinazione dei principali parametri idrodinamici litocaratteristici. Monitoraggio geomeccanico. Prelievo di campioni indisturbati. Parametrizzazione geotecnica di geometrie strutturali. Modellazione geotecnica al computer.

D - Geoingegneria: Progettazione di muri di sostegno. Geologia applicata alla costruzione delle strade. Stabilizzazione dei versanti con geodreni e consolidamento dei mezzi geologici. Misura del cedimento del terreno di sedime e progettazione del carico ammissibile. Interazione tra diverse rigidità strutturali. Rischi applicativi territoriali. Classificazione dei movimenti di massa e loro descrizione. Analisi di stabilità dei versanti.

Metodi di stabilizzazione delle frane. Geologia applicata alla costruzione delle dighe. Condizioni di stabilità della zona di imposta del corpo diga e forze in gioco. Geologia applicata alla costruzione dei cavi in galleria. Cavi superficiali e profondi.

Testi consigliati

G. TONI, *Applicazioni geomeccaniche in Geologia*, Pitagora, Bologna.

ESPLORAZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO**Docente: Carlo Elmi**

Tipo: intensivo, 1° semestre, 4° anno

Esame: prove scritte, prove pratiche, esame orale finale

Contenuto del corso

Perforazioni, sondaggi. Scopi: indagini geognostiche, ricerca mineraria e idrogeologica. Identificazione e definizione dei corpi geologici; costruzioni e consolidazioni, misure e controlli in situ. Tecniche di perforazione e di campionamento. Presentazione dei dati.

Prove in foro e in situ. Penetrometrie statiche e dinamiche; Standard penetration test. Vane test; dilatometri. Controlli piezometrici, inclinometrici, estensimetrici.

Indagini geofisiche. Georesistività. Sismica a rifrazione e a riflessione. Logs di pozzo. Tecniche di indagine e interpretazione dei risultati.

Testi consigliati

M. CASADIO E C. ELMI, *Il manuale del geologo*, Pitagora ed. Bologna.

A. NORINELLI, *Elementi di Geofisica Applicata*, Patron, Bologna

AUSTRALIAN DRILLING INDUSTRY, *Drilling*, CRC Lewis.

ESTIMO

Tipo: Mutuato dalla Facoltà di Ingegneria

FISICA DELLA TERRA SOLIDA**Docente: Paolo Baldi****Tipo:** 80 ore di lezione, 1° semestre, 4° anno**Esame:** orale

Scopo del corso: Descrivere alcune metodologie di indagine geofisica del sottosuolo, con illustrazione della strumentazione e delle modalità di utilizzo della stessa. Fornire tecniche di analisi ed interpretazione dei dati. Fanno parte integrante del corso esercitazioni pratiche consistenti in prospezioni di vario tipo ed elaborazione dei dati relativi.

Contenuto del corso: Prospezione gravimetrica: sistemi di riferimento, geometria dell'ellissoide, accelerazione di gravità e potenziale rappresentazione del campo di gravità in armoniche sferiche, geometria del campo, geoide, campo normale, anomalie di gravità. Struttura spazio-temporale del campo di gravità. Effetti mareali. I gravimetri assoluti e relativi. Rilievi gravimetrici. Interpretazione delle anomalie di gravità.

Il campo magnetico terrestre: Proprietà magnetiche delle rocce, variazioni temporali del campo, equazione di Laplace, rappresentazione del c.m.t. in armoniche sferiche. Strumentazione, metodologie di misura ed interpretazione.

Misure geoelettriche ed elettromagnetiche: resistività delle rocce, potenziale in mezzi omogenei, metodologie di misura ed interpretazione. Metodo dei potenziali spontanei, metodo tellurico e magnetotellurico.

Posizionamento: tecniche moderne per il posizionamento nell'ambito di rilievi geofisici (G.P.S.), tecniche statiche e cinematiche, elementi di cartografia, passaggio fra sistemi di riferimento diversi.

Testi consigliati

H.R. BURGER, *Exploration Geophysics*, Prentice Hall, 1992.

A. NORINELLI, *Elementi di Geofisica Applicata*, Patron, Bologna, 1982.

W.M. TELFORD, L.P. GLEDART, R.E. SHERIFF, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, 1990.

W. TORGE, *Gravimetry*, Walter de Gruyter, New York, 1989.

VANICL'EK e KRAKIWSKY, *Geodesy*, North-Holland Ed. 1994.

FISICA SPERIMENTALE I PARTE**Docente: Paola Serra Lugaresi****Tipo:** 60 ore di lezioni + 30 ore di esercitazioni in aula, 2° semestre, 2° anno**Esame:** scritto e orale

Scopo del corso: Dare agli studenti le fondamentali conoscenze della meccanica del punto e dei sistemi, della statica e dinamica dei fluidi e della termodinamica; introdurre gli studenti al ragionamento fisico e all'uso della matematica nelle scienze applicate

Contenuto del corso: Misure di grandezze. Moto in una dimensione. Grandezze vettoriali. Moto in due e tre dimensioni. Le forze e le leggi di Newton. Dinamica delle particelle. Lavoro ed energia. Conservazione dell'energia. Sistemi di particelle. Centro di massa e prima equazione cardinale. Conservazione della quantità di moto. Urti. Cinematica rotazionale. Dinamica rotazionale. Moto rototraslatorio. Momento angolare di una particella e di un sistema. Seconda equazione cardinale. Conservazione del momento angolare. Equilibrio dei corpi rigidi. Elementi di teoria della elasticità. Oscillazioni e moti armonici. Gravitazione universale. Statica dei fluidi. Dinamica dei fluidi. Moto ondulatorio. Onde elastiche Temperatura. Teoria cinetica dei gas e gas ideale. Elementi di meccanica statistica. Il calore e il primo principio della termodinamica. L'entropia e il secondo principio della termodinamica.

Testi consigliati

R. RESNICK, D. HALLIDAY, K.S. KRANE, *Fisica 1*, Casa Ed. Ambrosiana, Milano.

P.A. Tipler, *Corso di Fisica 1*, Zanichelli, Bologna.

P.M. Fishbane, S. Gasiorowicz, S.T. Thornton, *Fisica per Scienze ed Ingegneria*, vol. I, EDISES, Napoli.

FISICA SPERIMENTALE II PARTE

Docente: Paolo Capiluppi

Tipo: 60 ore di lezione + 30 ore di esercitazioni, 1° semestre, 2° anno

Esame: orale preceduto da uno scritto non vincolante.

Scopo del corso: Corso di base sull'Elettromagnetismo. Fornire i concetti basilari sui campi elettrici ed i campi magnetici e comprendere il comportamento delle onde elettromagnetiche. Fornire allo studente le conoscenze necessarie per poter affrontare problemi riguardanti i campi elettro-magnetici ed la loro interazione con la materia.

Contenuto del corso: Ottica geometrica con particolare riguardo al comportamento corpuscolare della luce. Principio di Huygens. Indice di rifrazione. Riflessione e rifrazione. Immagini reali e virtuali. Specchi piani e sferici. Diottri. Lenti sottili e spesse. Aberrazioni. Strumenti ottici semplici. Ottica fisica con particolare riguardo al comportamento ondulatorio della luce. Polarizzazione. Birifrangenza e lamine di ritardo. Interferenza. Diffrazione. Reticoli di diffrazione. Potere risolutivo. Elettrocità. Campi elettrici. Potenziale elettrostatico. Dipoli elettrici. Campi elettrici nella materia. Conduttori ed isolanti. Circuiti elettrici. Magnetismo. Magnetostatica. Dipoli magnetici. Forza elettromotrice indotta. Campi magnetici nella materia. Le equazioni di Maxwell. Le

proprietà delle onde elettromagnetiche.

Testi consigliati

HALLIDAY-RESNICK-KRANE, *Fisica 2*, Ambrosiana, Milano.

SEARS, *Ottica*, Ambrosiana, Milano.

FISICA TERRESTRE

Docente: Francesco Mulargia

Esame: Prova scritta e prova orale accessibile con il superamento della prova scritta.

Contenuto del corso:

L'approccio scientifico alla descrizione delle leggi di Natura. Falsificabilità, ripetibilità, relatività. La formulazione tensoriale. Regole di definizione formale. La convenzione di spazio. Le operazioni coi tensori di rango 0 e 1. Efficacia della notazione indiciale. Prodotti tra tensori di rango 1. Prodotto scalare. Spazio Euclideo. La convenzione di Einstein. Proiezione ortogonale di un vettore. Significato geometrico del prodotto scalare. Il prodotto vettoriale. Proprietà delle operazioni somma e prodotto per scalare. Il prodotto di tensori.

Tensori e matrici. I tensori di ordine superiore a 2. Operazioni con matrici. I vettori come caso particolare. Elementi 0 e 1. Determinanti: sviluppo di Laplace e Sarrus. Matrice inversa.

Linearizzare una funzione: i polinomi di Taylor. La risoluzione dei sistemi lineari. Il metodo della matrice inversa. Il metodo di Kramer. I sistemi omogenei. Il metodo di Gauss. Condizioni generali di risolubilità dei sistemi lineari.

La trasformazione dei tensori. Traslazione e rotazione di un sistema di riferimento. Rotazione di tensori di rango 1 e 2. Relazioni di ortonormalità.

La meccanica dei continui. Le forze su di un corpo materiale. Il principio di stress di Cauchy. Tensore di stress. Vettore di stress relativo ad un piano arbitrario. Equazione normale di un piano. Proiezione di aree. Simmetria del tensore di stress.

Le equazioni agli autovalori. Soluzioni di equazioni algebriche di grado arbitrario. Soluzioni in forma chiusa. Equazione cubica. Ricerca approssimata delle radici di un'equazione algebrica. Il metodo di Newton. Ortogonalità degli autovettori. Autovalori e autovettori dello stress.

Le stress nel sistema degli assi principali. Stress normale e di taglio. Estremi relativi di una funzione a più variabili senza e con vincoli. Moltiplicatore di Lagrange. Massimo e minimo degli sforzi di taglio. Approssimazione di stress piano.

Lo stato di stress all'interno della terra. Stress idrostatico. Tensore di stress deviatorico. Valori dello stress all'interno della crosta terrestre. Il finto stato tensionale dei geologi. Meccanismi e orientazione delle faglie e assi principali di stress. Identificazione pratica degli assi e dei valori principali di stress. Il caso della faglia normale. Il caso della faglia inversa. Il caso della faglia a scorrimento laterale.

Cenni di meccanica delle fratture. Corpi materiali fragili e duttili. La frattura come processo fisico complesso. Stress intensity factor. Zona di processo. Propagazione critica e subcritica di crack. Il ruolo delle variabili termodinamiche. Dinamica delle fratture. L'importanza degli studi di laboratorio. Implicazione dei risultati della meccanica delle fratture nell'interpretazione dei processi crostali: terremoti, eruzioni vulcaniche e frane. L'imprevedibilità deterministica dei terremoti. La deformazione dei corpi materiali. Vettori posizione e spostamento. Descrizione lagrangiana ed euleriana della deformazione. L'approssimazione per deformazioni piccole. La misura della deformazione. Il tensore di strain e il suo significato fisico. Autovettori e autovalori del tensore di strain. L'approssimazione di strain piano.

L'elasticità lineare. La legge di Hooke. Le costanti elastiche. Simmetrie. Legge di Hooke nel caso isotropo. Legge di Hooke inversa. Costanti elastiche di uso comune.

Testi consigliati

E' in corso di pubblicazione un testo specifico.

FOTOGEOLOGIA

Docente: Eraldo Amadesi

Tipo: 80 ore di lezione, annuale, 4° anno

Esame: orale integrato da esercizi di fotointerpretazione.

Scopo del corso: Fornire un metodo per la lettura delle foto aeree in visione stereoscopica e fornire le «chiavi» per l'interpretazione dei dati rilevati nei diversi settori delle Scienze della Terra.

Contenuto del corso:

1) Nozioni di aerofotogrammetria. Elementi caratteristici di una foto; linea di volo; scala di una foto; piani di volo; classificazione delle fotografie aeree; relief displacement; visione stereoscopica; stereoscopi; rapporto base/altezza; orientamento di una stereocoppia; parallasse stereoscopico; formula di parallasse; barra di parallasse; cuneo di parallasse; determinazione di pendenze (metodo Zorn-ITC); costruzione di una sezione topografica; esagerazione stereoscopica; fattore di esagerazione.

2) Fotointerpretazione; Parametri della fotointerpretazione; tono, tessitura, drenaggio, densità del drenaggio, vegetazione, allineamenti; classificazione delle rocce in base ai parametri della fotointerpretazione; giacitura degli strati, strutture geologiche (pieghe e faglie); carte tematiche geo-applicative.

3) Strumenti della fotointerpretazione e della restituzione.

4) Mosaici.

5) Ortofotocarte e fotopiani raddrizzati.

Testi consigliati

E. AMADESI, *Manuale di Fotointerpretazione con elementi di aerofotogrammetria*, Pitagora, Bologna.

C. MONTI, A. SELVINI, *Topografia e Cartografia*, Clup, Milano.

E. AMADESI, *Atlante aerofotografico con esempi di fotointerpretazione*, Pitagora, Bologna.

GEOCHIMICA

Docente: Gianni Cortecci

Tipo: 80 ore di lezione, 10 ore di esercitazioni, 1° semestre, 3° anno

Esame: orale

Scopo del corso: Il corso intende fornire gli strumenti fondamentali propri della geochimica per lo studio dei processi geologici e di problematiche ambientali. Particolare rilievo viene dato ai metodi di indagine in grado di concorrere alla formulazione di modelli quantitativi. A tal fine, vengono trattati concetti, principi e metodologie sia della geochimica elementare che della geochimica isotopica.

Contenuto del corso: Origine dell'universo, evoluzione stellare e teoria della nucleosintesi. Abbondanze cosmiche degli elementi. Origine del sistema solare. Differenziazione chimica del sistema solare in generale e del pianeta Terra in particolare. Classificazione geochimica degli elementi e associazioni geochimiche. Differenziazione chimica di rocce ignee e sedimentarie, distribuzione degli elementi nei processi magmatici, sedimentari e metamorfici. Differenziazione chimica dell'idrosfera, processi di interazione acqua-roccia, elementi conservativi e non-conservativi, tempi di residenza degli elementi negli oceani. Chimica dell'atmosfera, delle precipitazioni meteoriche e delle acque di scorrimento superficiale. Idrologia isotopica e sue applicazioni, con particolare riferimento alla ricostruzione di circuiti idrogeologici. Principi di geocronologia isotopica e metodi di datazione. Geochimica isotopica dell'idrogeno, ossigeno, carbonio, zolfo e stronzio in rocce, minerali e fluidi idrotermali: origine degli elementi, geotermometria, rapporti acqua-roccia e ricostruzioni paleoambientali. Tracciamento isotopico di fenomeni di inquinamento. Cenni di archeometria isotopica. Nozioni basilari di termodinamica. Processi di alterazione in ambienti supergenici, e fattori di controllo chimico-fisici. Diagrammi di stabilità di fasi minerali e di soluti. Processi di mescolamento e di diluizione. I cicli geochimici.

Esercitazioni. Elaborazione dei dati analitici. Metodologie di analisi e strumentazioni in uso: funzionamento, limiti ed errori di misura, precisione ed accuratezza delle procedure. Criteri di campionamento. Visite a laboratori attrezzati.

Testi consigliati

Sono disponibili appunti. Singoli argomenti possono essere approfonditi consultando:

G. FAURE, 1992, *Principles and Applications of Inorganic Geochemistry*, Macmillan Publish. Co., New York.

- H.L. BARNES (ed), 1979, *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, 2nd edition. J. Wiley & Sons, Inc., New York.
- G. FAURE, 1986, *Principles of Isotope Geology*, J. Wiley & Sons, New York.
- G. FERRARA, 1984, *Geocronologia Radiometrica*, Pàtron Ed., Bologna.
- TURI B., 1980, *Introduzione alla Geochimica Isotopica*, Libreria Veschi, Roma.

GEOCHIMICA APPLICATA

Docente: Federico Lucchini

Tipo: 60 ore di lezione e 30 di esercitazioni, 2° semestre, 4° anno

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire allo studente di Scienze Geologiche i concetti e gli strumenti per utilizzare i principi di base della geochimica nella corretta gestione dell'ambiente.

Contenuto del corso: Fattori e meccanismi di dispersione degli elementi nell'ambiente profondo ed in quello supergenico. Classificazione ambientale degli elementi in relazione agli effetti sulla Biosfera; speciazione e biodisponibilità. Carte geochimiche. Livelli e flussi naturali dei metalli pesanti, loro variazioni per attività antropiche e valutazioni relative. Cicli biogeochimici di alcuni elementi (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, P, Pb, Se, Th, Tl, U, Zn) e loro effetti sulle piante, sugli animali e sulla salute dell'uomo. Geochimica e qualità dell'acqua. Problemi di geochimica ambientale legati alla produzione di energia ed alla sistemazione di materiali pericolosi (sedimenti dragati, fanghi di depurazione, detriti di discariche minerarie). Cenno ai processi di rigenerazione ambientale mediante tecniche di ingegneria geochimica. La prospezione geochimica per la ricerca delle materie prime.

Testi consigliati

A lezione verranno distribuiti appunti, ma per approfondire singoli argomenti sono utili:

D.C. ADRIANO, *Trace Elements in the Terrestrial Environment*, Springer-Verlag, 1986.

B. DE VIVO, *Elementi e Metodi di Geochimica Ambientale*, Liguori, 1995.

B. DE VIVO, M. BARBIERI, *Prospezioni geochimiche*, Liguori, 1991.

J.E. FERGUSSON, *The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects*, Pergamon Press, 1990.

GEODINAMICA

Docente: Francesco Mulargia

Contenuto del corso:**PRIMO MODULO - COMPLEMENTI DI ANALISI DEI DATI**

Teoria degli errori e analisi di distribuzioni empiriche. Pattern recognition. Definizione, adattamento ai dati e validazione di modelli teorici. Il rasoio di Occam di modelli teorici ai dati. Teoria della repressione ANOVA. Statistica degli eventi geofisici. Geometria frattale. Autosimilarità e autoaffinità in natura. Metodi Walker's ruler e box counting. Applicazioni pratiche alla geofisica. I sistemi dinamici. Attrattori classici e attrattori strani. Identificazione di caos in un processo. Integrale di correlazione e nonlinear forecasting.

SECONDO MODULO - PROGRAMMAZIONE E UTILIZZO DEL CALCOLATORE

La struttura dei programmi. I diagrammi di flusso. La programmazione in FORTRAN. Input e output di dati. Le istruzioni fondamentali. Loop, funzioni e subroutine. Programmi di applicazione pratica: integrazione numerica; i test statistici fondamentali; la repressione l'analisi spettrale; l'analisi frattale. Trasferimento di dati tra elaboratori. INTERNET: fondamenti di navigazione per un utilizzo proficuo nella ricerca.

Testi consigliati

Gli appunti del Corso.

GEOFISICA MARINA

Tipo: Mutuato da Scienze Ambientali

GEOFISICA MINERARIA

Tipo: Mutuato dalla Facoltà di Ingegneria

GEOGRAFIA FISICA

Docente: Franco Ricci Lucchi

Contenuto del corso:*Parte generale*

- *Introduzione:* concetti e strumenti; sistemi, scale, equilibri e bilanci, entropia, variazioni lineari ed esponenziali.
- *Astronomia e astrofisica:* stelle, galassie e altri oggetti celesti; storia ed evoluzione

dell'Universo; il Sole e i corpi del sistema solare; il sistema Terra-Luna.

- *Il pianeta Terra*: cenni sulla struttura e la dinamica interna; le prime fasi della storia geologica; rischi geologici, risorse (carbone, petrolio in particolare) e loro valutazione. Le origini della vita e la sua influenza sull'evoluzione chimico-fisica del pianeta.
 - *Il sistema atmosfera-idrosfera*: origine, funzionamento termodinamico; pressione, umidità, ciclo dell'acqua, basi della circolazione, correnti geostrofiche, effetto Coriolis.
 - *L'atmosfera*: struttura, proprietà, processi, storia: circolazione generale, regionale, locali; fronti, perturbazioni, precipitazioni.
 - *L'idrosfera*: le masse idriche, i tipi di circolazione orizzontale e verticale, le maree e le sesse, i processi all'interfaccia con l'atmosfera, il bilancio geochimico e sedimentario, la storia geologica. L'idrologia continentale e i serbatoi idrici: laghi, falde e acquiferi.
 - *Clima e paleoclima*: Clima, suoli, piante, biomi, glaciazioni; variazioni in epoca storica e proiezioni future.
 - *Biosfera ed ecosfera*: cicli biogeochimici e bilanci energetici, fotosintesi, catene trofiche, ecosistemi, biodiversità.
 - *Impatto dell'uomo sull'ambiente*: Impatto antropico, rischi ambientali, cambiamenti globali
- Parte pratica*
- *Cartografia*: carte geografiche e topografiche, proiezioni, legende e orientamento.
 - *Telerilevamento*: fotointerpretazione e telerilevamento; sistemi attivi e passivi; spettro elettromagnetico; sistemi informativi territoriali.
 - *Riconoscimento dei principali tipi di rocce*: ciclo delle rocce, processi genetici, litologia.

Testi consigliati

F. RICCI LUCCHI, *La scienza di Gaia. Sistemi naturali e ambiente in una prospettiva geologica*, Zanichelli.

F. RICCI LUCCHI, *I ritmi del mare*, Nuova Italia Scientifica, Roma, 1992.

GEOLOGIA APPLICATA

Docente: Carlo Elmi

Tipo: Intensivo, 1° semestre, 3° anno

Esame: prove scritte, prove di laboratorio, esame orale finale

Contenuto del corso:

Le terre: fasi solida, liquida e gassosa e loro relazioni volumetriche e ponderali. Terre coesive e granulari. I minerali nelle terre. Granulometria, proprietà-indice e classificazione delle terre. L'acqua nel terreno: permeabilità e filtrazione; reti di flusso. Pressione totale, effettiva e neutrale. Processi di consolidazione. Caratteristiche di resistenza al taglio:

criterio di rottura; resistenza al taglio dei terreni non coesivi e coesivi. Spinta delle terre.

Le rocce: roccia intatta e ammasso roccioso, porosità e fessurazione. Proprietà meccaniche delle rocce. Classificazione e valutazione degli ammassi rocciosi.

Introduzione ai problemi di geologia applicata: Problemi di stabilità. metodi dell'equilibrio limite e globale. Fattore di sicurezza. Stabilità dei versanti. Frane: analisi, classificazione; interventi di sistemazione e controllo. Fondazioni. Capacità portante e carico ammissibile. Cedimenti totali e differenziali. Rischi ambientali. Rischio sismico. Subsidenza da estrazione di fluidi.

Testi consigliati

COLOMBO, COLLESELLI, *Elementi di Geotecnica*, 2^a ed. Zanichelli, Bologna
 ATTEWELL, FARMER, *Principles of Engineering Geology*, Chapman & Hall.
 CASADIO, ELMI, *Il manuale del geologo*, Pitagora, Bologna

GEOLOGIA DEL CRISTALLINO

Docente: Lauro Morten

Tipo: 60 ore di lezione, 2° semestre, 4° anno

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire allo studente i mezzi necessari per descrivere la storia petrogenetica-evolutiva di rocce cristalline in termini di P-T-D.

Contenuto del corso: Microtettonica. Flusso e deformazione. Stress e deformazione. Meccanismi di deformazione. Deformazione di minerali principali costituenti le rocce. Foliazioni. Lineazioni. Orientazione preferenziale del reticolo cristallino. Zone di shear. Stili di dilatazione: vene fibrose, ombre di strain, frange di strain e boudins. Porfiroblasti. Bordi e corone di reazione. Cronologia relativa di eventi di deformazione. Concetti generali di termodinamica. Calcolo di campi di stabilità di fasi per reazioni solido-solido e solido-solido+fluidi. Griglie petrogenetiche. Regola delle fasi di Gibbs e Korzhinsky-Thompson. Equilibrio termodinamico, strutturale e chimico. Fattori di controllo e meccanismi delle reazioni metamorfiche: attivazione, nucleazione e crescita. Minerali ed associazioni mineralogiche dei sistemi ultramafico, mafico e pelitico al variare delle condizioni metamorfiche. Rappresentazioni chemografiche. Diagrammi di Schreinemakers. Metamorfismo e tettonica globale.

Testi consigliati

V. CAIRONI, V. TROMMSDORFF, *Lezioni di Petrologia delle rocce metamorfiche*, Clup, Milano.

C. D'AMICO, F. INNOCENTI, F.P. SASSI, *Magmatismo e metamorfismo*, UTET, Milano.

C.W. PASSCHIER, R.A.J. TROUW, *Microtectonics*, Springer, Berlino.

A. SPRY, *Metamorphic Textures*, Pergamon Press, Oxford.

R.H. VERNON, *Metamorphic Processes and microstructure developments*, G. Ullen & Unwin Ltd, Londra.

Appunti verranno distribuiti durante le lezioni.

GEOLOGIA I

Docente: Franco Ricci Lucchi

Contenuto del corso:

I – Sedimentologia e Geologia del Sedentario

Ciclo delle rocce, tempo e sedimentazione. Processi e ambienti sedimentari: loro indicatori nei sedimenti e nelle rocce (strutture, tessiture, componenti). Concetto di sistema deposizionale. Corpi sedimentari, stratificazione e loro geometria. Concetto di facies, associazione di facies e sequenza di facies. Variazioni verticali e laterali delle facies. Rapporti tra sedimentazione, subsidenza, costipamento e variazioni relative del livello marino. Trasgressioni e regressioni. Cicli sedimentari e sequenze deposizionali. Scale e gerarchia della ciclicità. Fattori locali, regionali e globali. Eustatismo e curve eustatiche.

II – Geologia stratigrafica

Principi base e tradizione storica. Strato e unità stratigrafiche: vecchi e nuovi concetti. Litostratigrafia e sismostratigrafia. Stratigrafia e cartografia. Cronostratigrafia e datazione delle rocce: metodi e unità. Scale stratigrafiche e geocronologiche. Taratura, correlazione e integrazione delle scale (biostratigrafiche, magnetostratigrafiche, di Haq & Vail, ecc.). La correlazione nelle successioni reali: criteri, problemi, esempi. Orizzonti di riferimento (datum) e strati guida. Discontinuità e continuità, inconformità e conformità in stratigrafia. Chemiostratigrafia, stratigrafia isotopica e paleoclimatologia. Il Quaternario: l'integrazione dei metodi e uno sguardo sintetico all'evoluzione recente del pianeta.

III – Geologia storica (Dott. C. Spalletta)

Cenni sui primi studi, istituzione e origine dei termini, sui criteri di scelta dei limiti basali e interni; localizzazione e descrizione degli stratotipi, suddivisioni in serie e piani, principali tratti evolutivi, biostratigrafie caratterizzanti, paleogeografia e caratteri orogenetici. Precambriano: Archeano e Proterozoico; età dei primi resti fossili di organismi; Vendiano; fauna a Ediacara; variazioni dell'ossigeno; limite Precambriano/Cambriano. Paleozoico. Mesozoico. Terziario. Quaternario.

Testi consigliati

A. BOSELLINI, E. MUTTI & F. RICCI LUCCHI, *Rocce e successioni sedimentarie*, 1989.

F. RICCI LUCCHI, *Sedimentologia vol. III*, CLUEB, Bologna, 1980.

F. RICCI LUCCHI, *Sedimentografia. Atlante fotografico delle strutture dei sedimenti*, Zanichelli, 1992.

GEOLOGIA II

Docente: Gian Battista Vai

Contenuto del corso:

Modulo A. Tettonica

Sforzi e deformazioni. Concetto di sforzo, sue componenti e rappresentazione; sforzo deviatorico; sforzo litostatico. Deformazioni, loro analisi e rappresentazione. Relazioni sforzi-deformazioni; prove sperimentali di deformazione; comportamento reale delle rocce e fattori che lo influenzano. Deformazione fragile; deformazione duttile. *Le strutture tettoniche.* Le strutture fragili: descrizione, nomenclatura e significato. Meccanismi della deformazione fragile: meccanica della fratturazione e delle faglie. Le strutture duttili: descrizione, nomenclatura e significato. Meccanismi della deformazione duttile; ricristallizzazione e cristallizzazione sin-cinematica, metamorfismo. Problemi e modalità della transizione fragile-duttile; evoluzione delle rocce di faglia in profondità, loro reologia. Le pieghe: descrizione e nomenclatura; strutture minori associate al piegamento. Modelli di piegamento. Associazioni di pieghe. *Associazioni di strutture a scala regionale.* Tettonica estensiva: associazioni di faglie dirette, *Graben*, meccanismi di estensione crostale. Tettonica compressiva: faglie inverse, accavallamenti, pieghe e loro associazioni; sovrascorrimenti, *duplex* e altre strutture associate; falde e strutture caratteristiche, Tettonica diapirica: diapiri e strutture associate; meccanica del diapirismo; pseudo-diapiri. Tettonica trascorrente: associazioni di faglie trascorrenti; traspressioni e strutture caratteristiche.

Modulo B. Geologia Endogena a Geodinamica

Natura e costituzione del Pianeta Terra. Informazioni astronomiche e meteoritiche. Informazioni sismologiche, onde sismiche, terremoti, discontinuità. Nucleo, campo magnetico terrestre, paleomagnetismo. Mantello e crosta; astenosfera e litosfera. Caratteri sismici e costituzione. Altri caratteri geofisici. Isostasia, gravità, flusso di calore. *Dinamica del sistema astenosfera-litosfera.* Curva ipsometrica, Anomalie della Moho. Anomalie termiche del mantello. Anomalie gravimetriche e discostamento isostatico. Anomalie magnetiche. Anomalie nel flusso di calore. Anomalie di distribuzione dei terremoti. Teorie geodinamiche. La «tettonica a zolle». Celle convettive, tipi di margine. Giunzioni tripie, «punti caldi», «pennacchi». Cinematica e meccanismi di movimento delle placche. Teorie alternative. *Gli ambienti geodinamici.* Ambienti geodinamici divergenti: bacini e crosta oceanici, margini continentali passivi; stadi evolutivi (pre-, sin-, post-rift), subsidenza; modelli alternativi di evoluzione crostale. Ambienti geodinamici trasformativi: oceano-oceano, continente-oceano, continente-continente. Ambienti geodinamici convergenti: subduzione oceanica «B», margini attivi andini e alpino-himalaiiani, margini in erosione tettonica, bacini di retroarco, margini in accrezione tettonica, cunei di accrezione, monti e dorsali sottomarine, microcontinenti, *terrane*, subduzione continentale «A», ambienti postcollisionali o ensialici, cratoni e crosta continentale, catene collisionali e postcollisionali, ofioliti. *Cicli geotettonici e processi petrogenetici.* Ciclo tetto-genetico-orogenetico: tetto-genesi ed orogenesi; tetto-facies e stadi geologici evolutivi nel tempo e nello spazio: Pre-Flysch, Flysch, Molassa; concetto storico di Geosinclinale; domini paleogeografici. Cicli geotettonici e storia della Terra. evoluzione

dei Cratoni e della crosta continentale; accrescimento e frammentazione continentale; geologia dei Cratoni. Strutture e geologia dei processi plutonici e subvulcanici. Strutture e geologia dei processi vulcanici. Strutture e geologia dei processi sedimentari: strutture deformative indotte dalla gravità (megabrecce, filoni, *slumps*, olistostromi, coltri gravitative); tettonica e sedimentazione; classificazione tettonica dei bacini sedimentari. Strutture e geologia dei processi metamorfici: facies metamorfiche, tipi di metamorfismo e loro distribuzione. Strutture da tettonica diapirica; tettonica pseudo- o para-diapirica. Sovrainposizione e inversione di strutture tettoniche. Distribuzione delle strutture nello spazio e nel tempo. Piani tettonici e disarmonie crostali, basamento e copertura, e loro deformazioni. Datazione delle strutture geologiche.

Modulo C. Geologia dell'Italia nel Mediterraneo

Crosta e litosfera in Italia. Le basi stratigrafiche. La struttura delle Alpi e dell'Appennino. La storia paleogeografica e paleotettonica. Il Ciclo Ercinico: consolidamento crostale pan-Africano. I *rifts* caledoniani ed ercinici e il relativo magmatismo. L'Orogene carbonifero. I *rifts* tardo ercinici e il magmatismo relativo. Il Ciclo Alpino: i *rifts* permo-triassici e il magmatismo relativo. Il Pangea. L'Orogene cimmerico. Il *rift* giurassico e il *drift* mesozoico. Magmatismo mesozoico. Il sistema orogenico Europavergente pre-neogenico: le Alpi s.s.. Il Mediterraneo occidentale e il Blocco Sardo-Corso. Il sistema orogenico Adriavergente post-paleogenico: le Alpi Meridionali; l'Appennino Settentrionale e centrale, l'Adriatico e la Padania; l'Appennino Meridionale e la Catena Maghrebide in Sicilia; l'Arco Calabro-Peloritano; il Mar Ionio; il Mar Tirreno. Riepilogo dell'evoluzione paleogeografico-paleotettonica dell'area del Mediterraneo centrale.

Testi consigliati

P. KEAREY & J.F. VINE, *Tettonica globale*, Zanichelli, 1990/1994.

J. MERCIER & P. VERGELY, *Tectonique*, Dunod, 1992, L. 54.000 (l'edizione italiana di questo volume, dal titolo «Tettonica», è in corso di stampa sulla collana «Il Sistema Terra» della Pitagora Editrice; si attende la sua uscita in Aprile-Maggio 1995; il prezzo è ancora da definire, orientativamente gli altri volumi della stessa collana costano attorno alle 50.000).

Testi di lettura integrativi:

F. C. WEZEL, *Dal nero al rosso: dentro il pulsare della Terra*, Sperling e Kupfer, 1994.

A. BOSELLINI, *Tettonica delle Placche e Geologia*, Italo Bovolenta Editore, 1978.

P. CASATTI, *Scienze della Terra*, CLUED, Milano, 1985.

GEOLOGIA MARINA

Tipo: Mutuato da Scienze Ambientali

GEOLOGIA REGIONALE

Docente: Renzo Sartori

Contenuto del corso: Introduzione al corso. Elementi di tettonica. Analisi dei sistemi deformativi a grande scala in compressione e in estensione. Geologia dell'Italia e del Mediterraneo centrale nel ciclo alpino. Sistema orogenico Europa-vergente (Alpi s.s.). Bacino algero-provenzale e Mar Ligure. «Blocco» sardo-corso. Sistema orogenico Africa Adria-vergente (Alpi meridionali, Appennini, Arco calabro, Maghrebidi). Bacino tirrenico. Modelli evolutivi.

Testi consigliati

Non esistendo trattati che illustrino gli argomenti in programma per intero, nel corso delle lezioni saranno distribuiti appunti e materiali illustrativi relativi agli argomenti svolti.

GEOLOGIA STRATIGRAFICA

Docente: Gian Battista Vai

Contenuto del corso:

- *Introduzione.* Tempo geologico. Rocce e stratificazione. Principi.
- *Unità stratigrafiche.* Significato, classificazione, stratotipi. Unità sismostratigrafiche. Unità litostratigrafiche: generalità, classificazione. Unità biostratigrafiche: generalità, tafonomia, rimaneggiamenti, classificazione, biozone, integrazione delle biozone. Unità cromostratigrafiche e cronologiche: generalità, stratotipi, limiti, validità, classificazione, istituzione. Rapporti fra categorie di unità stratigrafiche. Opinioni divergenti e questioni controverse sui principi della classificazione e procedura stratigrafica.
- *Scale stratigrafiche.* Generalità. Scala Stratigrafica Standard: storia, criteri di revisione e conservazione della SSS. Sistemi standard, scale regionali. Scala geocronometrica. Scala inversioni geomagnetiche. Scala fluttuazioni climatiche. Scala variazioni livello marino. Scala fluttuazioni geochimiche e stratigrafia isotopica.
- *Paleontologia Stratigrafica.* Generalità e fondamenti; distribuzioni degli organismi nel tempo; velocità d'evoluzione e durata delle biozone. Estinzioni ed espansioni; rapporti fra evoluzione della biosfera e della litosfera; modalità e cause delle estinzioni. Biozone e «datums». Origine della vita e Precambriano. Cambriano. Ordoviciano e Siluriano. Devoniano e Dinantiano. Silesiano e Permiano. Trias. Giura. Cretaceo. Paleogene. Neogene e Quaternario.
- *Radiocronometria.* Decadimento radioattivo. Teoria della datazione. Metodo Rb-Sr: rocce non alterate; rocce alterate; isocrona roccia totale. Curva «Concordia». Evoluzione della Scala Geocronometrica. Interpretazione, valore e limiti delle datazioni radiometriche. Altri metodi radiometrici. Età radiometrica della Terra, meteoriti, Luna,

Sistema Solare.

- *Rapporti Stratigrafici e Paleogeometria*. Formazione e geometria dei litosomi, per capirne i rapporti stratigrafici e la genesi. Rapporti verticali: continuità, discontinuità, discordanza, lacune, polarità stratigrafica. Criteri di riconoscimento delle discontinuità e discordanze. Rapporti laterali; rapporti vertico-laterali e regola di Walter. Trasgressione e regressione. Cicli sedimentari. «Onlap», «offlap», «overlap». Problema del conglomerato basale. Variazioni cicliche del livello marino. Sequenze deposizionali. Curve di Vail. Stratigrafia sismica. Facies: generalità e storia del concetto. Classificazione composita delle facies: lito- e biofacies; facies isopiche, eteropiche, isocrone, eterocrone; parvafacies, intrafacies, magnafacies; distretto di facies; sequenza di facies. Analisi delle facies e interpretazione ambientale. Rapporti tra formazione, facie e litosoma. Tipi di eteropia ai margini delle piattaforme carbonatiche. Analisi di bacino. Tettonica e sedimentazione. Evoluzione geologica dei bacini,
- *Correlazioni stratigrafiche*. Generalità. Correlazioni litostratigrafiche (criteri: litologici, di posizione, strutturali). Strati guida. Correlazioni biostratigrafiche. Datum. Correlazioni cronostatigrafiche e cronologiche (criteri: paleontologici, fisici).
- *Metodi di analisi stratigrafica*. Carte: di facies, strutturale, delle isopache. Associazioni e sequenze di facies. Modelli stratigrafici-strutturali. Risoluzione di problemi stratigrafici.
- *Paleogeodinamica e Paleogeografia*. Migrazione e speciazioni geografiche. Cambiamenti di struttura climatica. Migrazione dei poli. Accrescimento o frammentazione dei continenti, Pangea o Pangee. «Spreading». Paleobiogeografia come strumento e controllo della paleodinamica. Paleodinamica come presupposto e controllo della Paleografia.

Testi consigliati

Oltre agli appunti dattiloscritti e manoscritti come traccia del corso, sono consigliati i seguenti testi generali, opere di consultazione e saggi critici:

KRUMBEIN e SLOSS, *Stratigraphy and Sedimentation*, Freeman, II ed. (ed. italiana C.E.R. Roma).

AZZAROLI e CITA, *Geologia stratigrafica*, La Goliardica, Milano, vol. II e III.

DESIO (a cura di), *Geologia dell'Italia*, UTET.

GOULD S. J., *Quando i cavalli avevano le dita*, Feltrinelli, Milano.

GEOLOGIA STRUTTURALE

Docente: Gian Andrea Pini

Tipo: 60 ore di lezione e 30 di attività complementare, 2° semestre, 3° anno

Esame: orale, integrato da alcune prove scritte durante il corso.

Scopo del corso: Fornire il bagaglio culturale e metodologico appropriato per effettuare analisi strutturali meso e macroscopiche, al fine di decifrare l'evoluzione meccanica registrata all'interno dei differenti tipi di rocce. Illustrazione e addestramento ai classici metodi della geologia strutturale utilizzati nella ricerca scientifica e nelle applicazioni (reperimento delle risorse naturali, studi di fattibilità e di progettazione delle opere civili, ecc.)

Contenuto del corso: 1. *Meccanica delle rocce:* nozioni elementari di sforzo e di deformazione. Studio del comportamento meccanico delle rocce alla deformazione: dati sperimentali di laboratorio. Meccanismi deformativi per taglio puro e taglio semplice. Concetti di «strain finite» e di «strain rate». 2. *Meccanismi di deformazione fragile:* cerchio di MOHR, sue proprietà e applicazioni; strutture tettoniche di tipo fragile e loro interpretazioni meccaniche. 3. *Meccanismi della deformazione duttile:* plasticità intracristallina, intercristallina, plasticità per sostituzione cristallina (metamorfismo sincinemato). Transizione fragile-duttile. Strutture di piegamento nel dominio fragile e pieghe dei sistemi metamorfici e ultramorfici: geometrie e interpretazioni meccaniche. 4. *Analisi macro e mesostrutturale:* prismi di «accrezione tettonica», zone di accrescimento distensivo, tettonica trascorrente e di trasferimento: dati sperimentali e modelli analogici di laboratorio, loro applicazioni alle situazioni geologiche note. Strutture tettoniche diapiriche e pseudo-diapiriche: dati sperimentali di laboratorio. 5. *Modelli crostali e litosferici:* gli assetti tettonici della crosta superiore ottenuti dai profili sismici a riflessione (sismica «industriale»). Gli assetti litosferici (crosta inferiore e litosferica mantellica) ricavati dagli esperimenti di sismica a riflessione e a rifrazione. 6. *Catene orogeniche:* struttura e cinematica crostale e litosferica dei grandi accumuli tettonici: le catene intracontinentali; le grandi strutture derivate dalla subduzione oceanica: la Cordigliera E pacifica e la dispersione tettonica del Pacifico occidentale (archi magmatici insulari); le associazioni a mosaico (terrane), le catene derivate da obduzione e le catene collisionali.

Testi consigliati

J. MERCIER & P. VIERGELY, *Tettonica*, Ed. Pitagora, Bologna, 1995.

A.W. BALLY, R. CATALANO & J. OLDOW, *Elementi di tettonica regionale*, Ed. Pitagora, Bologna, 1985.

J. DEBELMAS & G. MASCLÉS, *Les Grandes Structures géologiques*, Ed. Masson, 1991.

M. BOCCALETTI & L. TORTORICI, *Appunti di geologia strutturale*, Ed. Patron, 1987.

J. SUPPE, *Principles of structural Geology*, Ed. Prentice Hall, 1985.

GEOMORFOLOGIA

Docente: Paolo Forti

Contenuto del corso: Introduzione, scopi della geomorfologia. Ambienti naturali oggetto dello studio. Il paesaggio fisico. Gli agenti geomorfici. Alterazione fisica e

chimica delle rocce. Il terreno e suoi tipi climatici principali. Forme complessive della degradazione meteorica. Le frane, caratteri generali, cause e tipi principali. Loro classificazioni in uso. Effetti geologici delle frane e rimedi. Azione geologica del vento, denudazione ed erosione eolica. Sedimentazione eolica, dune, loess. Azione geologica delle acque correnti. Le acque cadenti e dilavanti. Tipi, regime e movimento dei corsi d'acqua. Erosione e trasporto per opera delle acque correnti. Sedimentazione fluviale. Bacini torrentizi e fluviali. Livello di base e ciclo d'erosione, Profilo d'equilibrio. Evoluzione dei rilievi. Delta lacustri. Acque sotterranee. Origine e penetrazione delle acque sotterranee. Acque freatiche e artesiane, fenomeno carsico. Le sorgenti. Caratteri generali e classificazione delle sorgenti. Esempi ed illustrazioni dettagliate. Sorgenti termali e minerali. Nevi, ghiacci e ghiacciai. I ghiacciai attuali. Morfologia Glaciale. Erosione e sedimentazione glaciale. Espansione glaciale quaternaria. I laghi. Origine, caratteri fisici e chimici dei laghi. Movimenti e regime idrico dei laghi. Loro classificazione. Erosione e sedimentazione nei bacini lacustri. Estinzione dei laghi. Il mare e i bacini marini. Movimenti del mare. Morfologia costiera. Elementi di Geomorfologia Strutturale. Interpretazione geomorfologica delle carte topografiche, con esercizi di morfometria.

Testi consigliati

M. GORTANI, *Compendio di Geologia*, vol. II, Del Bianco Ed., Udine.

G.B. CASTIGLIONI, *Geomorfologia*, UTET, Torino.

M. PANIZZA, *Geomorfologia*, Pitagora, Bologna.

A.N. STRAHLER, *Geografia Fisica*, ed. italiana a cura di G.B. Pellegrini, U. Sauro e G. Zanon, Ed. Piccin, Padova, 1984.

C. BARTOLINI, *I fattori geologici delle forme del rilievo*, Piagora, Bologna, 1992.

Per gli esercizi:

D. MONEY, *La superficie della Terra*, Zanichelli, Bologna.

O. MARINELLI, *Atlante dei tipi geografici*, ed. Istituto Geografico Militare, Firenze; edizioni del 1922 e 1948 (non più in commercio, ma consultabili nelle principali biblioteche universitarie a Bologna).

GIACIMENTI MINERARI

Docente: Giuseppe Maria Bargossi

Tipo: 60 ore di lezione, primo semestre, 5° anno

Esame: orale comprendente la discussione di una relazione scritta su tematiche giacimentologiche

Scopo del corso: Il corso si propone di trattare gli aspetti genetici, economici e classificativi delle mineralizzazioni utili per l'Uomo, cioè dei Giacimenti Minerari. Per tale scopo si avvarrà, integrandole e coordinandole, delle discipline geologiche, mineralogiche, geochimiche, petrologiche e geofisiche, in particolare per la ricerca, l'esplorazione e la valutazione delle mineralizzazioni. Prenderà inoltre in esame

l'esplorazione e la coltivazione delle risorse minerarie in Italia in funzione della legislazione vigente. Le lezioni saranno integrate con esercitazioni di microscopia in luce riflessa e con visite a miniere ed industrie del settore.

Contenuto del corso: Concetti introduttivi. Aspetti elementari di economia mineraria. Natura e morfologia dei principali tipi di giacimenti minerali. Tessiture e strutture dei minerali utili e delle ganghe. Inclusioni fluide. Processi di alterazione delle rocce incassanti. Teorie sulla genesi e classificazione dei giacimenti. Depositi diamantiferi in kimberliti e lamproiti. Giacimenti in rocce carbonatiche alcaline. Pegmatiti. Depositi ortomagmatici associati a rocce femiche ed ultrafemiche. Greisen. Skarn. Depositi disseminati e di stockwork associati ad intrusioni magmatiche. Depositi stratiformi di ambiente sedimentario e vulcanico. Depositi in vene idrotermali. Depositi strata-bound. Depositi sedimentari. Depositi residuali e arricchimenti supergene. Minerali industriali. Risorse minerarie nazionali.

Testi consigliati

A. EVANS, *Ore Geology and Industrial Minerals*, Blackwell Science.

Il docente fornirà appunti delle lezioni.

IDROGEOLOGIA

Docente: Franco Francavilla

Tipo: 60 ore I di lezione, 2° semestre, 4° anno

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire i principi di base del bilancio idrologico generale e della circolazione delle acque sotterranee, specie nei mezzi porosi, necessari per poter correttamente impostare il riconoscimento e la caratterizzazione idrochimica ed idrodinamica dei principali tipi di falde acquifere. Porre lo studente in grado di risolvere problemi semplici di valutazione dei caratteri di permeabilità, trasmissività e portata degli acquiferi, di elaborazione ed interpretazione cartografica tematica.

Contenuto del corso: *Elementi di idrologia* : il ciclo dell'acqua. Le precipitazioni. L'evapotraspirazione. Il deflusso, componenti e fattori. Analisi di idrogrammi semplici. L'infiltrazione. Il bilancio idrico. *Acque sotterranee*: Ripartizione dell'acqua nel suolo e sottosuolo. Porosità e permeabilità. Il coefficiente di permeabilità ed il suo calcolo. Velocità teorica e reale di deflusso. Linee di flusso e isopieze. Le falde a pelo libero in pressione e a fuga. La Legge di Darcy ed i suoi limiti di applicazione. Cenni sulla circolazione nelle rocce fessurate e carsiche. Le sorgenti. *La ricerca idrica*: Limiti e unità idrogeologici. Il censimento e la misura dei parametri idrogeologici. Lo sviluppo di carte tematiche. Lettura ed interpretazione dei documenti cartografici. *Ubicazione e scelta delle opere di captazione*: I pozzi idrici. Afflusso delle acque alle opere. I coni di depressione

nelle formulazioni di Dupuit e di Theiss. Le prove di emunzione e l'elaborazione dei dati derivati. Sviluppo e rendimento delle opere. Interferenze tra pozzi. *Caratteri idrochimici e protezione delle acque s.:* Caratteri chimico-fisici. Potabilità delle acque destinate al consumo umano. Fattori inquinanti di tipo urbano, agricolo ed industriale. L'ingressione delle acque salate. Propagazione degli inquinanti. Vulnerabilità degli acquiferi. Delimitazione delle zone di rispetto per pozzi e sorgenti.

Testi consigliati

M. CIABATTI, *Elementi di Idrologia superficiale*, CLUEB, Bologna.

G. CASTANY, *Idrogeologia, Principi e metodi*, Flaccovio Ed., Palermo.

P. CELICO, *Prospezioni idrogeologiche*, Liguori Ed., Napoli.

AUTORI VARI (CNR-GNDICI), *Proposta di normativa per l'istituzione delle fasce di rispetto delle opere di captazione di acque sotterranee*, Geo-Graph, Segrate (Mi).

Dispense ed appunti.

ISTITUZIONI DI MATEMATICHE I

Docente: Alessandro Gimigliano

Tipo: 90 ore di lezioni, 1° semestre, 1° anno

Esame: scritto ed orale

Scopo del corso: Dare i principi di base del calcolo differenziale ed integrale, e mettere lo studente in grado di saper trattare studi di funzioni reali in una variabile reale (ed in modo più elementare quelle di due variabili reali).

Contenuto del corso: Richiami di teoria degli insiemi. Numeri Reali e loro definizione assiomatica. Potenza di un numero reale ad esponente reale. Numeri complessi ed operazioni su di essi. Richiami di Geometria Analitica. Funzioni reali di variabile reale. Funzioni crescenti e decrescenti, funzioni iniettive. Grafico di una funzione. Funzioni composte, funzioni inverse e loro grafico (es. $\arcsin x$, $\arccos x$, $\arctg x$). La funzione esponenziale e la funzione logaritmica.

Limiti finiti e non di funzioni, per x che tende ad un valore finito o non finito. Teoremi fondamentali sui limiti. Limiti notevoli. Derivata di una funzione. Interpretazione geometrica e cinematica della derivata. Regole di derivazione. Proprietà delle funzioni derivabili. Crescenza e decrescenza di una funzione in un punto in relazione al segno della derivata. Ricerca di massimi e minimi. Derivate di ordine superiore. Concavità e convessità, flessi.

Teoremi di Rolle, Cauchy Lagrange e De l'Hospital.

Studio di una funzione e costruzione del suo grafico.

L'integrale di Riemann. Calcolo di aree. Funzioni primitive. Teoremi fondamentali del calcolo integrale. Integrale indefinito, integrazione per parti e per sostituzione. Integrali impropri.

Funzioni reali in due variabili reali. Grafico delle funzioni in due variabili. Limiti e continuità. Derivate parziali. Massimi e minimi (metodo dell'Hessiano).

Definizione di Integrale doppio. Calcolo degli integrali doppi. Volume del cilindroide.

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

Testi consigliati

G. PELLICANI, G. PETTINI, C. VETTORI, *Istituzioni di Matematica*, CLUEB, Bologna.

G. PELLICANI, G. PETTINI, C. VETTORI, *Esercizi di Matematica*, CLUEB, Bologna.

P. BOERI, G. CHITI, *Precorso di Matematica*, Zanichelli.

ISTITUZIONI DI MATEMATICHE II

Docente: Fausto Desalvo

Tipo: 60 ore di lezione, 30 di laboratorio

Esame: la prova orale è preceduta da una prova scritta sugli argomenti della prima parte e dalla discussione di una analisi statistica multivariata su un esempio proposto e preparato dal candidato

Scopo del corso: Fornire la base geometrica ed i metodi statistici multivariati per l'analisi dei dati geo-mineralogici.

Contenuto del corso: *Algebra* (Cap. 5): Matrici (def. pag. 171) - Operazioni fra matrici (par. 23) - Determinanti (par. 24) - Sistemi di equazioni lineari (parr. 25-26) - Il metodo di Gauss (160) - Gruppi (Cap. 1, par.31) - Anelli e Campi (Cap. 2, par. 1 e 10).

Piano euclideo (Cap. 5): Struttura (par. 1) - Norma di un vettore, distanza fra due punti (parr. 2-3) - Teorema di Carnot ortogonalità, teorema di Pitagora (parr. 4-5) - Rette nel piano (parr. 6-7-8-9-10) - Coordinate polari (par. 12) - Rotazioni e traslazioni (esempio V, pag. 175) - Curve piane, coniche (par. 11) - Retta tangente a una curva (Cap.7, par. 3) - Lunghezza e curvatura di una curva (Cap. 8, par. 17, 416).

Spazio euclideo (Cap. 5): Struttura (par. 13) - Rette e piani (parr. 14-15-16-17) - Prodotto vettoriale e prodotto misto, equazioni parametriche del piano (par. 18) - Traslazioni (204) - Curve e superfici: circonferenza nello spazio, sfera, quadriche (ellissoidi, paraboloidi, iperboloidi), coni, cilindri, superfici di rotazione (339, 209, 212, 208, 400, 425) - Retta tangente e piano normale in un punto di una curva, piano tangente e retta normale in un punto di una superficie (362, 367) - Coordinate polari e cilindriche (390, 422) - Spazio euclideo n-dimensionale (par. 19) - Base ortonormale di E^n (par. 21).

Spazi vettoriali reali (Cap. 5): Definizione (par. 20) - Base, dimensione, applicazioni lineari, isomorfismi, cambio di base, sottospazio vettoriale (parr. 21-22) - Autovalori e autovettori (par. 27).

Funzioni reali (Cap. 7): Introduzione (par. 14) - Derivate parziali (par. 15) - Minimi, massimi, punti di sella (par. 16) - Differenziale, vettore gradiente (par. 18) - Forme

differenziali (par. 19 e Cap. 8, par. 20) - Integrali doppi (Cap. 8, par. 21) - Derivata direzionale (370) - Operatori gradiente, divergenza, rotore, nabra e laplaciano (371, 372, 373, 374, 375) - Equazioni differenziali ordinarie (Cap. 10, parr. 1, 2, 7) - Cenno su equazioni differenziali a derivate parziali (358 E7).

Calcolo combinatorio (Cap. 4): Permutazioni, Disposizioni e Combinazioni semplici e con ripetizioni (parr. 1-7).

Elementi di probabilità (Cap. 4): Insieme degli eventi e spazio degli eventi (parr. 9-10) - Probabilità di un evento, spazi equiprobabili (par. 11) - Proprietà della probabilità (par. 12) - Probabilità condizionata (par. 13) Teorema di Bayes (par. 14) - Eventi indipendenti (par. 15) - Spazio di probabilità (vedi anche B. 3.1, 3.2).

Elementi di statistica: Rappresentazione grafica dei dati statistici (B.1.1, 1.2, 1.3, 1.4) - Moda (B.1.4) - Media, varianza, deviazione standard o scarto quadratico, variabile standardizzata (B.1.5), CV (Sal. pag. 215), errore standard (Sal. pag. 309), intervallo di fiducia della media (B.3.7) - Mediana (B.1.6) - Confronto fra distribuzioni, il chi quadro (B.4.8) - Confronti fra medie, la t di Student (B.4.4) - Confronti fra varianze, test F (B.4.7) Covarianza, coefficiente di correlazione (B.1.7) - Curva di Gauss, distribuzione normale e bimodale, kurtosi e skewness (B.3.5, 1.9) - Retta di regressione (Cap.7, par. 17) - Analisi della varianza (B.5.8) - Matrice di covarianza e di correlazione (B.2.1) - Analisi delle componenti principali (B.2.2) - Analisi fattoriale (B.2.3) - Analisi discriminante (B.2.4) - Cluster analysis (B.2.7).

Elementi di informatica: Programmi di scrittura - Foglio elettronico Excel - Introduzione al package statistico Spss - Le procedure per le analisi studiate (manuali SPSS).

Testi consigliati

G. PELLACANI - G. PETTINI - C. VETTORI, *Istituzioni di Matematica*, Clueb editrice (a questo testo fanno riferimento i capitoli ed i paragrafi sopra indicati).

G. PELLACANI - G. PETTINI - C. VETTORI, *Esercizi di Matematica*, Clueb editrice.

A. AVANTAGGIATI, *Istituzioni di Matematica*, Casa editrice Ambrosiana (in questo testo gli argomenti seguiti da tre cifre in carattere corsivo, indicanti il numero del paragrafo).

P. BALDI, *Appunti di metodi matematici e statistici*, Clueb editrice, Ed. 1997 (indicato con B.).

Manuale dell'utente SPSS base 7.5 Applications Guide

LABORATORIO DI GEOLOGIA 1

Docente: Gian Gaspare Zuffa

Tipo: 60 ore di lezione più 30 ore di esercizi sul terreno 2° semestre, 2° anno

Esame: prove scritte intermedie ed esame orale finale integrato con Geologia 1

Scopo del corso: Fornire concetti e nozioni basilari elementari corredate di esercizi applicativi relativi allo studio di terreno e di laboratorio dei corpi rocciosi sedimentari.

Porre lo studente nelle condizioni di elaborare autonomamente i dati raccolti e di interpretarne il significato geologico. Gli argomenti di seguito elencati vengono trattati durante le lezioni ma soprattutto sviluppati praticamente sul terreno e con visite guidate ai laboratori.

Contenuto del corso: 1 - Riconoscimento dei principali litotipi sedimentari, loro variazioni alla scala dell'affioramento e regionale (conglomerati, arenarie, argille, calcari, selci e gessi). Esame delle caratteristiche tessiturali delle rocce (grana, forma, arrotondamento, grado di cernita, «fabric» e colore). Riconoscimento di strutture sedimentarie (comprese le tracce fossili). 2 - Misura e rappresentazione in carta di elementi lineari, superfici ed elementi tridimensionali relativi ai corpi rocciosi: ad es.: direzione di assi di pieghe, direzione e verso di paleocorrenti, orientamento di ciottoli, direzione, immersione ed inclinazione di strati, «foreset», fratture e faglie, schizzi dell'affioramento, «logs» e misura di sezioni stratigrafiche, sezioni geologiche schematiche. 3 - Criteri e metodi di prelievo del campione per l'analisi di laboratorio: tessitoriale, composizionale, paleontologica, radiometrica, paleomagnetismo. 4 - Misure in laboratorio: preparazione del campione per i vari tipi di analisi: «peels», frantumazione, disaggregazione, polverizzazione, separazione magnetica e gravitativa, «smear slides», sezioni sottili, colorazione dei carbonati e dei feldspati, setacciatura di sabbie. 5 - Analisi granulometrica e morfologica (ruditi, areniti e lutiti), «point counting», microscopia elettronica a scansione. 6 - Metodi di rappresentazione dei dati: istogrammi, curve cumulative, test statistici di significatività, uso del reticolo stereografico in geologia. 7 - Ricerca bibliografica, scrittura e presentazione di un rapporto scientifico.

Testi consigliati

- A. BOSELLINI, E. MUTTI e F. RICCI LUCCHI (1989), *Rocce e Successioni Sedimentarie*, Utet, 395 pp.
 R.L. FOLK (1974), *Petrology of Sedimentary Rocks*, Hemphill's Bookstore, Austin, 182 pp.
 R. LINDHOLM (1987), *A Practical Approach to Sedimentology*, Allen & Unwin, London, 276 pp.
 M. E. TUCKER (1982), *The Field Description Of Sedimentary Rocks*, The Geological Society Of London Handbook Series, The Open University Press: Milton Keynes, 112 pp.

LABORATORIO DI GEOLOGIA 2

Docente: Corrado Venturini

Tipo: 60 ore di lezione + 5 gg. di escursione fine corso, 2° semestre, 3° anno

Esame: 3 prove scritte intermedie + esame orale, integrato con Geologia 2

Scopo del corso: Fornire un metodo per gestire i dati di terreno (stratigrafici, sedimentologici, paleotettonici, tettonici, petrografici,...) al fine di ricostruire le tappe

evolutive di un settore, sia alla scala del singolo affioramento quanto del complessivo bacino o del dominio crostale. Leggere una carta geologica ricostruendone il quadro stratigrafico e lo schema tettonico.

Contenuto del corso: A) *La Ricerca Bibliografica*: come organizzarla; come assimilare i contenuti dei lavori consultati; come citare i testi; le schede bibliografiche. Con esercizi pratici. B) *L'Analisi dell'Affioramento* (succ. sedimentaria): come schematizzare le geometrie affioranti; ragionare a tre dimensioni; gruppi di dati e loro interazioni; dai dati alle interpretazioni; le ipotesi di lavoro; dagli affioramenti all'analisi di bacino. Con esercizi pratici. C) *La Tettonica Sinsedimentaria* e suoi riflessi sulla sedimentazione: valutazione di esempi reali alla meso- e macroscale. Con esercizi pratici. D) *L'Analisi Deformativa*: identificazione, misura e proiezione di strutture tettoniche; associazione di strutture; ricostruzione del campo degli sforzi; stili tettonici; riattivazioni di paleofaglie ed inversioni strutturali; tecniche di retrodeformazione di sezioni geologiche bilanciate. Con esercizi pratici. E) *La Lettura delle Carte Geologiche*: simbologie in uso; valutazione delle intersezioni tra superficie topografica e superfici geologiche; comprensione del quadro stratigrafico; ricostruzione dello schema tettonico; realizzazione di profili geologici speditivi. Con esercizi pratici.

Testi consigliati

All'inizio del corso il Docente fornisce copia dei lucidi che intende proiettare a lezione.

G. CREMONINI, 1995, *Rilevamento geologico. Realizzazione ed interpretazione delle carte geologiche*, Ed. Pitagora, Bologna.

K. MAC CLAY, 1992, *The mapping of geological structures*, Geol. Soc. of London Handbook. Wiley & Sons.

B. SIMPSON, 1994, *Lettura delle Carte Geologiche*, Ed. Flaccovio, Palermo.

N.B. WOODWARD, S.E. BOYER & J. SUPPE, 1989, *Balanced Geological Cross-Sections: An Essential Technique in Geological Research and Exploration*, Short Course in Geology: Vol. 6., American Geophysical Union.

LABORATORIO DI MINERALOGIA

Docente: Vanna Minguzzi

Tipo: 60 ore di lezioni ed esercizi; 2° anno, II ciclo

Esame: orale integrato con Mineralogia

Scopo del corso: 1) contribuire a verificare e a quantificare direttamente e sperimentalmente le grandezze relative alle svariate proprietà fisiche dei minerali silicatici e non, più frequentemente incontrati nelle discipline di carattere geologico; 2) attraverso uno studio sistematico dei minerali, procedere ad una sintesi dei processi genetici, delle proprietà fisiche e degli usi delle fasi mineralogiche principali.

Contenuto del corso:

- Sistematica mineralogica (con approfondimento particolare dei silicati), genesi dei minerali e usi principali degli stessi;
- visite guidate in Museo e in campagna;
- processo per risolvere una struttura con metodi roentgenografici a cristallo singolo;
- ricostruzione formule minerali;
- esercizi di determinazione di alcune proprietà fisiche (peso specifico e indice di rifrazione);
- tecniche per la preparazione e la separazione dei minerali;
- analisi chimico-mineralogiche, basate sull'uso di strumentazioni ad elevate prestazioni e tecnologia: XRF, SEM/EDS, XRD, DTA, TG, IR;
- applicazioni principali di alcuni minerali silicatici.

Testi consigliati

A. MOTTANA, *Fondamenti di Mineralogia Geologica*, Zanichelli Ed., Bologna.
G. CAROBBI, *Mineralogia 2*, USES Ed., Firenze.

LABORATORIO DI PALEONTOLOGIA**Docente: Sergio Raffi****Contenuto del corso:**

Esseri viventi e loro ordinamento. Popolazioni - Specie - Classificazione, Tassonomia, Nomenclatura.

Stratigrafia. Unità litostratigrafiche. Unità biostratigrafiche. Unità cronostatigrafiche - Unità magnetostatigrafiche - Correlazioni.

Gruppi fossili. Monera - Protisti - Coccolitoforidi - Silicoflagellati - Foraminiferi - Poriferi - Archeocitadi - Celenterati - Brachiopodi - Molluschi - Pelecipodi - Gasteropodi - Cefalopodi - Artropodi - Trilobiti - Ostracodi - Echinodermi - Crinoidi - Echinoidi - Graptoliti - Cenni su Conodonti. Per tali gruppi verranno definiti: caratteri morfologici, significato stratigrafico e paleoambientale e tendenze evolutive. Esercizi su materiali fossili con descrizione, identificazione e classificazione.

Ricostruzione degli ambienti. Uso di dati paleontologici per deduzioni di parametri paleoambientali.

Scogliere organogene attuali e fossili.

Tecniche di laboratorio.

Testi consigliati

A. FERRARI, *Unità stratigrafiche e correlazioni*, Pitagora, Bologna, 1980.

V. VIALLI, *Lezioni di Paleontologia*, Pitagora, Bologna, 1985.

Gli argomenti trattati durante il corso possono essere approfonditi nei seguenti testi:

- R. BOARDMAN, A.H. CHEETRAM, A. J. ROWELL, *Fossilis Invertebrates*, Blackwell Scientific Publ., 1987.
- N. ELDRIDGE, *Fossils*, Aurum Press, 1991.
- A. FARINACCI, *La vita sulla Terra*, Edizioni ERI, 1979.
- S.E. LURIA, S. J. GOULD, S. SINGER, *Una visione della vita*, Zanichelli, 1984.

LABORATORIO DI PETROGRAFIA

Docente: Natale Calanchi

Crediti: esame integrato con Petrografia

Contenuto del corso:

Genesi dei magmi: esempi di fusione parziale di materiali del mantello in facies a Pl, Sp, e Gt. e di anatessi di materiali cristallini a diversa composizione. L'applicazione del concetto di *coefficiente di ripartizione* alla distribuzione di elementi in traccia tra fase solida e liquida nell'ambito del processo magmatico.

Meccanismi di evoluzione dei magmi: esempi di diversificazione magmatica per «cristallizzazione frazionata», di assimilazione o contaminazione, di «magma mixing».

Schemi classificativi per rocce magmatiche: su base mineralogica (esempi di analisi modale e normativa) e su base chimica (elementi maggiori, minori ed in tracce) sia ai fini litologici che geodinamici; diagrammi normalizzati (su base «condrite», «P.M.», «MORB») per REE ed elementi igromagmatofili («spider diagrams»).

Cenni di petrografia regionale italiana: il magmatismo ercinico e triassico delle Alpi Meridionali; il vulcanismo terziario veneto (Berici, Lessini, Euganei); il magmatismo ercinico della «serie dei laghi»; le associazioni ofiolitiche in sequenza alpine ed appenniniche; la provincia «anatettica» toscana; il vulcanismo tosco-laziale; il vulcanismo mio-olocenico peritirrenico (la provincia romana dai Vulsini al Vesuvio e al Vulture, l'Arco delle Eolie; il complesso Anchise-Ustica); il magmatismo dell'Etna; il sistema di rift del Canale di Sicilia (Iblei, Linosa, Pantelleria, seamounts); il magmatismo della Sardegna (dal Paleozoico al Pliocene)

Testi consigliati

- C. D'AMICO (1973), *Le rocce metamorfiche*, Patron, Bologna, 333 pp.
- C. D'AMICO, F. INNOCENTI, F.P. SASSI (1987), *Magmatismo e metamorfismo*, UTET, Torino, 536 pp.
- B. D'ARGENIO, F. INNOCENTI, F.P. SASSI (1994), *Introduzione allo studio delle rocce*, UTET, Torino, 162 pp.
- A. HALL (1987), *Igneous petrology*, Longman Scient. & Techn. Ed., England, 573 pp.
- H. ROLLINSON (1993), *Using geochemical data: evolution, presentation, interpretation*, Longman Ed., England, 352 pp.
- H.G.F. WINCKLER (1979), *Come possiamo capire i magmi granitici?* Soc. It. Min. Petrol. Ed., Milano, 60 pp.

MICROPALEONTOLOGIA

Docente: Maria Luisa Colalongo

Contenuto del corso:

Parte I

Organizzazione di un laboratorio micropaleontologico. Tecniche di laboratorio per la preparazione dei campioni: lavaggi, sezioni sottili, dry-peels, metodi chimici e fisici per la disgregazione delle rocce e per l'isolamento dei microfossili, fluorizzazione, radiografia. Rappresentazione iconografica dei microfossili: disegni, fotomicrografie al microscopio ottico e al microscopio a scansione. Determinazione della specie. Metodi statistici. Valore delle sinonimie. Influenza della stratigrafia e dei paleoambienti nella definizione della specie. Determinazione dell'età e del paleoambiente di un campione. Biocenosi e tanatocenosi. Microfacies e loro valore.

Campionature e ricostruzione di una sezione stratigrafica. Accenni di litostratigrafia, biostratigrafia, geocronologia, cronostratigrafia. Vari tipi di unità biostratigrafiche e loro valore. Potere risolutivo geocronometrico delle unità biostratigrafiche. Biostratigrafia ed evoluzione. Biostratigrafia integrata tra vari gruppi paleontologici. Biostratigrafia e stratigrafia paleomagnetica. Valore degli stratotipi. Nomenclatura degli stratotipi. Stratotipo di un piano e stratotipo del limite tra piani successivi. Attuale regolamentazione per l'istituzione degli stratotipi. Cenno critico sull'attuale cronostratigrafia. Biostratigrafia e cronostratigrafia. Correlazioni biostratigrafiche. Potere risolutivo della biostratigrafia plurima. Metodi di confronto tra sezioni marine e sezioni continentali.

Richiamo ad alcuni concetti di paleoecologia. Ruolo delle microfaune nella individuazione dei cicli sedimentari e nella ricostruzione dei paleoambienti. Evoluzione dei bacini sedimentari evidenziata dalle microfaune.

Curve climatiche sulla base delle microfaune; confronto con i records isotopici. Influsso delle glaciazioni plio-pleistoceniche sulle microfaune mediterranee. Influsso dei fattori paleoambientali sulla distribuzione spazio-temporale delle microfaune.

Parte II

Foraminiferi: generalità, criteri per la determinazione generica e specifica, evoluzione e sistematica, adattamento alla vita planctonica, il dimorfismo sessuale indicatore dell'evoluzione. Rassegna delle principali famiglie.

Ostracodi: morfologia, dimorfismo sessuale, paleoecologia. Ostracodi paleozoici e postpaleozoici. Diatomee, Silicoflagellati, Radiolari, Tintinnidi, Conodonti.

Alghie calcaree, Coccolitoforidi.

Dispersione verticale dei più noti microfossili.

Poiché il corso ha indirizzo professionale, sono previste esercitazioni e lavori pratici per 3-4 ore settimanali.

Testi consigliati

Dispense e appunti.

MINERALOGIA**Docente:** Noris Morandi**Tipo:** 60 ore di lezione + 30 ore di esercitazione, 2° anno, I ciclo**Esame:** orale integrato con Laboratorio di Mineralogia

Scopo del corso: Dare i principi di base della mineralogia (struttura cristallina e proprietà fisiche) necessari per poter verificare il ruolo dei minerali nel processo genetico dei vari tipi di rocce della litosfera e nelle applicazioni pratiche, sia nei settori produttivi primari, sia nelle problematiche ambientali.

Contenuto del corso:

- Notizie introduttive (diffusione degli elementi chimici nella litosfera, sostanza cristallina e sostanza vetrosa); definizione di minerale e introduzione al reticolo cristallino;
- cristallografia geometrica con esercizi; associazioni e geminati;
- atomi, ioni, raggi atomici e ionici, legami chimici, impacchettamento compatto, coordinazione, reticolo cristallino, tipi di reticolo con molti esempi di fasi silicatiche e non;
- uso dei raggi X in mineralogia; diffrazione e riflessione selettiva, con esercizi;
- proprietà fisiche, comprese quelle ottiche, con esercizi di ottica mineralogica;
- polimorfismo, isomorfismo e cenni di cristallografia; vari tipi di ambienti genetici; lettura ed interpretazione dei diagrammi di stato.

Testi consigliatiA. MOTTANA, *Fondamenti di Mineralogia Geologica*, Zanichelli Ed., Bologna.G. CAROBBI, *Mineralogia 2*, USES Ed., Firenze.**MINERALOGIA APPLICATA****Docente:** Giorgio Gasparotto**Tipo:** 60 ore di lezione / 20 di esercitazioni, 1° semestre, 4° anno**Esame:** orale integrato da prove pratiche in laboratorio

Scopo del corso: Fornire le conoscenze di base sui metodi di studio e caratterizzazione dei minerali. Mettere lo studente in condizione di elaborare dati mineralogici e chimici con l'ausilio del computer. Dare nozioni di base sui minerali industriali (genesi, giacimenti, proprietà) e sugli usi degli stessi.

Contenuto del corso: Campionamento: procedure, criteri di campionatura, errori di campionamento, cenni di statistica elementare. Analisi chimica e analisi mineralogica: preparazione dei campioni, tecniche di separazione dei minerali in laboratorio e cenni sulle

tecniche industriali di preparazione dei minerali. Tecniche analitiche: metodi ottici, diffrazione RX e sue applicazioni, Il SEM e sue applicazioni nelle scienze mineralogiche. Metodi di analisi chimica. Analisi termiche, cenni sulla spettroscopia IR. Mineralogia economica: risorse e riserve, valutazione delle riserve, cenni di procedure geostatistiche. Cenni sui processi genetici dei principali minerali industriali. Tipi di depositi. Materie prime minerali e minerali industriali. Zeoliti naturali e loro applicazioni. Argille per usi industriali e per l'industria delle costruzioni. Minerali per l'industria ceramica. Minerali per l'agricoltura e l'industria chimica. Refrattari: mineralogia, proprietà, produzione. Abrasivi naturali, lubrificanti. Fillers industriali: fillers per l'industria della carta, plastiche, gomme. Minerali con proprietà adsorbenti, sgrassanti, e scambianti. Vetri: materie prime, produzione. Cementi: materie prime, produzione, mineralogia, processi di consolidamento, problemi di reattività. Mineralogia ambientale: l'esempio dell'amianto. Cenni di gemmologia

Testi consigliati

MEURIG P. JONES (1987), *Applied mineralogy. A quantitative approach*, Graham & Trotman, London, 259 pp.

D.A.C. MANNING (1995), *Introduction to industrial minerals*, Chapman & Hall, London, 276 pp.

J.E. PRENTICE (1990), *Geology of construction materials*, Chapman & Hall, London, 202 pp.

A.M. EVANS (1993), *Ore geology and industrial minerals*, Blackwell Science, Oxford, 389 pp.

C. CIPRIANI e A. BORELLI (1990), *Pietre preziose*, Arnoldo Mondadori Editore, Milano, 384 pp.

PALEOECOLOGIA

Docente: Angelo Poluzzi

Contenuto del corso:

- Concetti base di Ecologia e Paleoecologia (Ecosistema, biotopo, comunità, popolazioni, habitat, nicchia ecologica, catena trofica,...).
- Studio della distribuzione delle specie nel record fossile con il modello della binomiale negativa. Significato paleobiologico ed evolutivo delle specie rare.
- Matrici di similarità calcolate con vari coefficienti (inclusi i coefficienti binari presenza-assenza) ed interpretazione di dati biogeografici, paleoecologici e tassonomici. Analisi della distribuzione areale e cronologica degli organismi fossili e viventi con l'impiego di metodi di classificazione (cluster analysis) e di ordinamento (componenti principali,...). Varie applicazioni dell'analisi fattoriale in Paleoecologia.
- Dinamica delle popolazioni (natalità, mortalità, riproduzione,...) con applicazioni al record fossile. Continuum r-K-selezione, suoi attributi ed osservazioni sulle comunità

fossili.

- Analisi quantitativa della diversità tassonomica (n.ro di specie e di individui costituenti le singole popolazioni specifiche) con l'impiego della funzione di Shannon (teoria dell'informazione), del broken stick model di McArthur... in differenti sezioni stratigrafiche e ricerca dei fattori fisici e biotici condizionanti tali valori di diversità.
- Interazione degli organismi (simbiosi, mutualismo,... v. matrice di Haskell) con particolare riferimento alla competizione inter-intraspecifica e all'equazione logistica di Lotka-Volterra.
- Stabilità ed instabilità degli ambienti marini: studio della variabilità genetica ed extragenetica, del polimorfismo, dell'ampiezza di nicchia, della speciazione e delle specie opportuniste.
- Ambienti attuali di delta, di estuario, di zona meso-infralittorale; organismi di fondi duri e fondi mobili; loro distribuzione ed abbondanza. Gradienti areali nelle comunità, stadi climaxici e pre-climaxici. Comparazione con ambienti analoghi del passato geologico.

Testi consigliati

Dispense e appunti del Docente.

PALEONTOLOGIA

Docente: Sergio Raffi

Contenuto del corso:

Generalità. Introduzione al corso. Attualismo. Ordinamento degli organismi.

Ecologia. Autoecologia e Sinecologia. Mari antichi e mari attuali. Ecosistema marino. Zonazione marina. Categorie ecologiche marine. Principali fattori limitanti marini. Ecosistemi di transizione. Ecosistemi continentali.

Tafonomia. Associazioni fossili. Decomposizione delle sostanze organiche. Azioni biologiche sui resti scheletrici. Effetti del trasporto e della energia meccanica. Dissoluzioni e corrosioni. Potenziale di fossilizzazione. Tipi di conservazione. Giacimenti di fossili.

Strutture biogeniche. Bioturbazione. Bioerosione. Biostratificazione. Coproliti.

Evoluzione. Prove biologiche e paleontologiche della evoluzione. Teoria evolucionistica di Darwin. Principi di genetica. Codificazione dei caratteri. Microevoluzione. Speciazione geografica. Legge di Dollo. Velocità della evoluzione. Equilibri intermittenti. La specie in Paleontologia. Fossili viventi. Phylum Equidi. Evoluzione a mosaico. Tendenze evolutive e loro significato. Evoluzione «r» ed evoluzione «K». Macroevoluzione. Anelli di congiunzione. Ipotesi sulle cause delle estinzioni. Tassonomie evolutive.

Origine della vita ed evoluzione del precambrico.

Tappe significative nella evoluzione dei vertebrati.

Paleogeografia e paleobiogeografia. Dispersione degli organismi. Associazioni

biotiche isolate. Movimenti delle placche litosferiche ed effetti sulla Biosfera.

Testi consigliati

- R. S.K. BARNES & R.N. HUGES, *Introduzione alla ecologia marina*, Piccin, Padova, 1990.
 R. G. BROMLEY, *Trace fossils - Biology and Taphonomy*, Unwin Hyman, London, 1990.
 R. L. CARROL, *Vertebrate paleontology and evolution*, Freeman, New York, 1988.
 A. FERRARI, *I fossili e il loro significato* (in preparazione).
 M.F. GLAESSNER, *The dawn of animal life*, Cambridge University Press, Cambridge, 1984.
 S.E. LURIA, S. J. GOULD & S. SINGER, *Una visione della vita - Introduzione alla biologia*, Zanichelli, Bologna, 1984.
 E. P. ODUM, *Basi di ecologia*, Piccin, Padova, 1988.
 S. RAFFI & E. SERPAGLI, *Introduzione alla Paleontologia*, UTET, Torino, 1993.

PALEONTOLOGIA II

Docente: Angelo Poluzzi

Contenuto del corso:

Rilevazioni campionarie in Paleontologia

Generalità. Popolazione e campione. Tipi di campione. Il campione casuale. Le distribuzioni campionarie: distribuzioni Binomiale, di Poisson, Normale, Lognormale: caratteri generali e paleobiologici. Criteri di scelta di uno stimatore, proprietà della media e della varianza campionaria. Intervalli di stima. Test di significatività, formulazione-accettazione delle ipotesi. Campioni stratificati e scelta appropriata degli stimatori. Tecniche campionarie volte ad aumentare l'efficienza. Stime dell'abbondanza frazionaria delle specie e dell'errore standard del campione.

Struttura delle associazioni biotiche, loro dispersione temporale e spaziale

Richiamo dei concetti di stabilità-instabilità dei paleo-ambienti, fattori di controllo, biologia di popolazioni, r-K selezione, successione ecologica. Processi tafonomici. Bioturbazione. Indici di entropia, di diversità e dominanza. Operazioni preliminari sui dati paleontologici: trasformate stabilizzanti, normalizzazione, standardizzazione (z-score). ANOVA (ad una via, multifattoriale e nested) per l'esplorazione della variabilità strutturale e indotta (ecofenotipica) delle associazioni biotiche. Analisi delle cronocline. Metriche di similarità per dati continui, dati di frequenza e dati binari. Studio di matrici di similarità derivate da sequenze stratigrafiche a sviluppo graded, ungraded e stepped. Cluster analysis per la determinazione delle biofacies. Analisi in Componenti Principali come tecnica descrittiva dei vari paleoambienti e dei biotipi.

Testi consigliati

- A. CAMUSSI, F. MOLLER, E. OTTAVIANO & M. SARI GORLA, *Metodi statistici per la sperimentazione biologica*, Zanichelli, 1988.
 J.C. DAVIS, *Statistic and data analysis in Geology*, Wiley & Sons, 1986.

R. DE CRISTOFARO, *Rilevazioni campionarie. Breve introduzione metodologica*, Clueb, 1974.

A. FERRARI, *Unità stratigrafiche e correlazioni*, Pitagora, 1980.

D.M. RAUP & S.M. STANLEY, *Principles of Paleontology*, Freeman & Co., 1978.

A.R. REYMENT, *Morphometric Methods in Biostratigraphy*, AP Press, 1980.

Note per lo studente: Il Corso ha finalità prevalentemente applicative; tutti gli argomenti sono ripresi in sede di esercitazioni ed estesi a numerosi casi di interesse paleontologico.

PETROGRAFIA

Docente: Gianfranco Simboli (matricole dispari),
Luigi Paganelli (matricole pari)

Tipo: 60 ore di lezione, 30 ore di esercitazione, 1° ciclo, 3° anno

Esame: orale, integrato con Laboratorio di Petrografia

Scopo del corso: Fornire le conoscenze di base sulla natura e l'origine delle rocce magmatiche, sedimentarie e metamorfiche e delle loro fondamentali implicazioni nell'evoluzione del nostro pianeta.

Contenuto del corso: Processo magmatico. I minerali delle rocce magmatiche. Sistematica e classificazione delle rocce magmatiche. Costituzione, composizione e stato fisico dei magmi. Cristallizzazione dei magmi e strutture delle rocce magmatiche. Rocce plutoniche, filoniane, subvulcaniche e vulcaniche. Magmi reali e sistemi magmatici semplificati. Meccanismi della cristallizzazione magmatica. Diversificazione delle rocce magmatiche. Evoluzione magmatica nella litosfera superiore. Le serie magmatiche. Quadro essenziale della tettonica delle placche in rapporto al magmatismo.

Processo sedimentario. Caratteri generali. Degradazione. Trasporto. Sedimentazione. Diagenesi. I minerali delle rocce sedimentarie. Componenti fondamentali e classificazione dei sedimenti. Sedimenti terrigeni. Relazioni tra tettonica e sedimentazione. Associazioni litologiche.

Processo metamorfico. Definizione. Condizioni metamorfiche e tipi di metamorfismo. Zoneografia. Fattori di controllo. Condizioni di equilibrio. Problemi chimici. Minerali e paragenesi delle diverse condizioni di metamorfismo. Strutture. Classificazione e nomenclatura. Rocce di contatto. Rocce cataclastiche e milonitiche. Metamorfiti di derivazione pelitico-arenacea, da rocce calcaree e calcareo-silicatiche, da vulcaniti, vulcano-clastiti e plutoniti acide ed intermedie; metabasiti; meta ultrafemiti; migmatiti e metamorfiti delle zone di anatessi; rocce granulitiche. Aspetti geologici del metamorfismo. Il metamorfismo regionale nel quadro della tettonica globale.

Testi consigliati

- C. D'AMICO, F. INNOCENTI, F.P. SASSI, *Magmatismo e metamorfismo*, UTET, Torino.
B. D'ARGENIO, F. INNOCENTI, F.P. SASSI, *Introduzione allo studio delle rocce*, UTET, Torino.
C. D'AMICO, *Le rocce metamorfiche*, Patron, Bologna.
M.G. BEST, *Igneous and metamorphic petrology*, Freeman, San Francisco.
K.G. COX, J.D. BELL, R.J. PANKHURST, *The interpretation of igneous rocks*, George Allen and Unwin.

PETROGRAFIA APPLICATA

Docente: Giuseppe Maria Bargossi

Tipo: 60 ore di lezione, secondo semestre, 4° anno

Esame: orale comprendente la discussione di una relazione scritta su tematiche petrografico-applicate

Scopo del corso: Lo scopo del corso è quello di fornire allo studente, elementi geologici, mineralogici e petrografici per definire le caratteristiche giaciture e genetiche dei materiali lapidei di impiego ornamentale e di effettuarne una corretta classificazione. Questi dati, unitamente alle caratteristiche fisiche e meccaniche, permetteranno inoltre di comprendere i meccanismi responsabili dei fenomeni di degrado, di individuare gli impieghi più appropriati ed i trattamenti a scopo di recupero e conservazione. A tal fine, le lezioni saranno integrate con esercitazioni e visite a cave e laboratori del settore.

Contenuto del corso: Concetti introduttivi. Materie prime solide naturali. Legislazione concernente le attività estrattive. Cave di materiali lapidei di impiego edilizio ed architettonico estratti in Italia. Inquadramento geo-petrografico regionale, estrazione, lavorazione ed impiego di graniti, marmi, travertini e pietre. Studio della struttura, classificazione mineralogico-petrografica, determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali lapidei secondo la legislazione vigente. Cause fisiche, chimiche e biologiche del degrado. Durevolezza di elementi architettonici sottoposti ad aggressione naturale, interventi di recupero. Diagnostica, pulitura, consolidamento e protezione.

Testi consigliati

Il docente fornirà gli appunti di lezioni, esercitazioni e le guide delle escursioni.

PETROGRAFIA DEL SEDIMENTARIO

Docente: Giorgio Gandolfi

Tipo: 60 ore di lezione e 20 ore di esercitazione, 1° semestre, 4° anno

Scopo del corso: Conoscenza dei processi della petrogenesi sedimentaria, della composizione chimica e petrografica delle rocce sedimentarie e loro riconoscimento.

Contenuto del corso:

Parte generale. *Petrogenesi sedimentaria* - Degradazione meccanica e alterazione delle rocce, trasporto ed effetti del trasporto sui clasti, differenzazione sedimentaria. Diagenesi: ambienti diagenetici ed effetti sui sedimenti. *Proprietà delle rocce sedimentarie* - Componenti e classificazione fondamentale. Composizione chimica e petrografica (minerali principali, accessori pesanti, frammenti di rocce, matrice e cemento). Granulometria e morfologia dei granuli. Strutture particellari e chimiche. Maturità pre- e postdeposizionale e provenienza dei sedimenti.

Parte speciale. *Sedimenti terrigeni* - Ghiaie, conglomerati e brecce, arenarie (arcose, litareniti, grovacche e quarzareniti), arenarie ibride, arenarie particolari, sedimenti vulcanoclastici, rocce argillose e siltiti: composizione, classificazioni, strutture e genesi. Sedimenti ortochimici ed allochimici - Rocce carbonatiche, sedimenti silicei ortochimici, rocce saline e rocce fosfatiche: composizione, classificazione, strutture, genesi e processi diagenetici. *Relazioni fra tettonica e sedimentazione* - Modelli di Folk e di Dickinson, associazioni litologiche ed ambienti sedimentari.

Testi consigliati

H. BLATT, G.V. MIDDLETON e R.C. MURRAY (1980), *Origin of sedimentary rocks*, Prentice Hall, New York.

S. BOGGS IR. (1992), *Petrology of Sedimentary Rocks*, Macmillan Publishing Company, New York.

A. BOSELLINI, E. MUTTI e F. RICCI LUCCHI (1989), *Le rocce sedimentarie*, U.T.E.T. Torino.

E.J. PETTJOHN (1975), *Sedimentary Rocks*, Harper & Row, Publishers, New York.

G. GANDOLFI (1997), *Appunti dalle lezioni del Corso di Petrografia del Sedimentario*.

M.E. TUCKER (1981), *Sedimentary Petrology*, Blackwell Sc. Publ., Oxford.

Note per lo studente: si richiede una buona conoscenza della chimica, della mineralogia e della petrografia.

PETROLOGIA

Docente: Alessandro Rottura

Tipo: 80 ore di lezione comprensive di esercizi, 1° semestre, 4° anno

Esame: orale, integrato con prove scritte di verifica in itinere

Scopo del corso: Fornire i principi basilari della moderna petrologia attraverso lo studio di sistemi semplificati suscettibili di analisi quantitativa. Fornire un inquadramento dei processi ignei e metamorfici nel contesto dell'evoluzione tettonica globale; fornire un

metodo di lavoro che metta lo studente in condizioni di affrontare in maniera scientificamente corretta problemi di natura petrologica in sistemi naturali e artificiali.

Contenuto del corso: Richiami di termodinamica chimica. Criteri di spontaneità ed equilibrio. Termodinamica vs. cinetica di reazione ed implicazioni petrologiche. Termodinamica delle soluzioni. Equilibri e diagrammi di fase. Equilibri solido-liquido ed effetti di P, T, X. Struttura e proprietà dei fusi silicatici. Influenza dei componenti volatili sugli equilibri magmatici. Finalità, principi e tecniche della petrologia sperimentale. Reazioni redox e tamponi. Determinazione sperimentale di un equilibrio.

Rappresentazione grafica e interpretazione di paragenesi minerali. Diagrammi chemografici. Reazioni continue, discontinue. Griglie petrogenetiche. Geotermobarometria. Flusso di calore, metamorfismo e magmatismo. Path P-T-t ed evoluzione tettonico-termica di belts orogenici. Cause e meccanismi di fusione parziale. Caratteristiche geochimiche e isotopiche delle rocce ignee come indicatori petrogenetici. Modellazione petrogenetica.

Testi consigliati

A.R. PHILPOTTS, *Principles of Igneous and Metamorphic Petrology*, Prentice Hall (1990).

J.R. HOLLOWAY & B.J. WOOD, *Simulating the Earth: Experimental Geochemistry*, Harper Collins Academic (1988).

Integrazioni e/o approfondimenti di singoli argomenti in:

D.K. NORDSTROM & J.L. MUNOZ, *Geochemical Thermodynamics*, Blackwell (1995).

H. ROLLINSON, *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*, Longman Scientific & Technical (1993).

F.S. SPEAR, *Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths*, MSA Monograph Series1 (1993).

R.H. VERNON, *Metamorphic processes*, George Allen & Unwin, London, 1976

M. WILSON, *Igneous Petrogenesis. A Global Tectonic Approach*, Unwin Hyman (1989).

RILEVAMENTO GEOLOGICO

Docente: Giorgio Cremonini (matricole dispari)

Contenuto del corso:

- Introduzione al rilevamento. Cartografia geologica e ricerche sul terreno. Gli strumenti del geologo. Osservazioni di campagna. Variabilità nella nozione di confine. Rilevamento in rocce sedimentarie. Unità litostratigrafiche e loro descrizioni analitiche. Confini netti e gradualmente. Nozioni di stratimetria e misurazione di sezioni stratigrafiche. Principio del parallelismo degli strati. Strati-guida, confini e correlazioni. Geometria dei confini e degli strati. La bussola del geologo. Tecniche di misura delle pendenze e loro rappresentazione. Metodi di interpolazione grafica e misurazione delle giaciture a partire dai confini.

- Principio di sovrapposizione stratigrafica. Confini stratigrafici, eteropici, di «trasgressione» e tettonici. Lacune stratigrafiche apparenti e reali. Confini tettonici e loro riconoscimento. Polarità degli strati e successioni rovesciate. Tettonica gravitativa e rapporti fra tettonica e sedimentazione.
- Cenni di geologia dell'Appennino Emiliano-Romagnolo ed escursioni con pratica di rilevamento.
- Lettura di carte geologiche: ricostruzione di schemi stratigrafici e strutturali.
- Sezioni geologiche: profili topografici, rappresentazione degli strati, pendenza reale e pendenza apparente, metodi di interpolazione, interpretazione e rappresentazione dei diversi tipi di confine.
- Compilazione di legende e relazioni geologiche.

Testi consigliati

G. CREMONINI, *Rilevamento geologico. Realizzazione e interpretazione delle carte geologiche*, Pitagora, Bologna, 1995.

G. CREMONINI, *Esercizi di lettura e interpretazione di carte geologiche*, Pitagora, Bologna, 1984.

B.C.M. BUTLER & J.D. BELL, *Lettura e interpretazione delle carte geologiche* (a cura di E. Lupia Palmieri & M. Parotto), Zanichelli, Bologna, 1991.

RILEVAMENTO GEOLOGICO

Docente: Enzo Farabegoli (matricole pari)

Contenuto del corso:

Introduzione al rilevamento geologico. Scopi e problemi tecnici di rappresentazione cartografica. Rilevamento in rocce sedimentarie

Nozioni di stratigrafia. Lo strato: processi sedimentari chimici e meccanici; strutture sedimentarie; superfici di strato, geometrie degli strati. Strati diritti e rovesciati. Principio di sovrapposizione stratigrafica. Unità litostratigrafiche: facies, formazione, membro, gruppo, orizzonte, lente e lingua. Bacini sedimentari. Cicli sedimentari: tettonici, eustatici, misti. Successioni stratigrafiche continue e discontinue. Confini stratigrafici concordanti (sfumati, per alternanza, netti), discordanti (erosivi e non erosivi), paraconcordanti. Scale geocronologiche e lacune stratigrafiche. Ricostruzione di successioni stratigrafiche, *Le sezioni stratigrafiche*. Scopi del rilevamento. Legende per la rappresentazione delle sezioni stratigrafiche: Standard Shell, Manuale Shell, Legende per il rilevamento speditivo. Metodologie di rilevamento delle s.s. sul terreno: strato per strato, con staffa di Jacob, geometrico. Strumenti per il rilevamento: lente, comparatore colori, comparatore addensamento granuli, comparatore arrotondamento, comparatore porosità. Esercizi.

La bussola del geologo. Modelli principali e loro uso sul terreno. Riporto dei dati sulla carta geologica. Esercizi.

Elementi di geologia strutturale. Pieghie, faglie e fratture, scorrimenti, sistemi ramp-flat, scorrimenti gravitativi: geometrie, elementi descritti e di rappresentazione cartografica, criteri di riconoscimento cartografico. Tettonica cilindrica e non cilindrica.

Le sezioni geologiche. Scelta del tracciato. Sezioni morfologiche. Inclinazione reale ed inclinazione apparente delle superfici. Interpolazione degli strati in sezione. Criteri di interpretazione dei rigetti degli elementi disgiuntivi. Interpretazione e rappresentazione dei confini stratigrafici per eteropia e discordanti.

Introduzione alla lettura delle carte geologiche a piccola scala. Schema stratigrafico e schema tettonico dell'Appennino Settentrionale: catena emersa e catena sepolta; rappresentazioni della tettonica delle coperture sedimentarie e del basamento magnetico; linee trasversali. Intersezioni fra la superficie topografica e le superfici geologiche: criteri di interpretazione ed esercizi di ricostruzione grafica per interpolazione ed estrapolazione. Lettura della C.G.I. 1:100.000 ed inquadramento nel Modello Strutturale d'Italia. Esercizi.

Rilevamento dei terreni quaternari. Unità litostratigrafiche ed unità geomorfologiche. Cenni di pedologia ed unità pedostratigrafiche. Scala geocronologica del Pleistocene. La successione pleistocenica del margine appenninico-padano.

Rilevamento delle unità a struttura caotica. Frane sottomarine, olistoliti, olistostromi, melange sedimentari e tettonici.

Lettura delle carte geologiche a grande scala. Un esempio: la Carta Geologica al 10.000 della R.E.R. Cenni di rilevamenti nei terreni vulcanici e metamorfici.

Testi consigliati

G. CREMONINI, *Rilevamento Geologico*, Pitagora, Bologna, 1995.

P.L.M. ROSSI, *Rilevamento in rocce e apparati vulcanici*, Pitagora, Bologna, 1984.

RILEVAMENTO GEOLOGICO TECNICO

Docente: Enzo Farabegoli

Contenuto del corso:

- Acquisizione di dati topografia di base. Carte e foto aeree. Rilievi speditivi sul terreno (distanze, altezze, spessori).
- Rilevamento di dati geologico-tecnici su campioni. Terre fini e grossolane. Rocce.
- Rilevamento di dati geologico-tecnici su sondaggi. Analisi e misure. Rappresentazioni (logs geologici e geotecnici).
- Rilevamento di dati geologico-tecnici sul terreno. Rilevamento strutturale. Rilevamento geomorfologico-applicato e geomorfico-quantitativo (versanti, corsi d'acqua, processi eolici e glaciali, processi costieri). Rappresentazioni (cartografie tematiche).
- Esercitazioni: misure topografiche, analisi speditivi su terre e rocce, misure e rilievi sul terreno.

SEDIMENTOLOGIA**Docente: Franco Ricci Lucchi**

Contenuto del corso: Analisi di facies e di bacino: principi, metodi, applicazioni. Analisi e interpretazione dei dati di affioramento, marini e di sottosuolo. Richiami di stratigrafia: cicli e sequenze, regressioni e trasgressioni, correlazioni, inconformità.

Definizione e osservazione degli ambienti in termini attualistici. Come si risale al paleoambiente dalle facies. Quali altri indicatori (non sedimentologici) occorrono per un'analisi integrata. Dispersione dei sedimenti, paleocorrenti, paleopendii. Ricostruzione paleogeografica.

Analisi della subsidenza e del riempimento dei bacini sedimentari: «geohistory», compattazione, paleobatimetria, «backstripping», ecc. Approfondimento di un ambiente specifico (uno per anno, da scegliere tra: lacustre, alluvionale, eolico, periglaciale, desertico, costiero, deltizio, marino, di piattaforma, torbido, pelagico, evaporitico).

Testi consigliati

A. BOSELLINI, E. MUTTI & F. RICCI LUCCHI, *Rocce e successioni sedimentarie*, 1989.

H.G. READING (a cura di), *Sedimentary environments and facies*, Blackwell Sci. Publications, 1980.

F. RICCI LUCCHI, *Sedimentologia vol. III*, CLUEB, Bologna, 1980.

F. RICCI LUCCHI, *Sedimentografia. Atlante fotografico delle strutture dei sedimenti*, Zanichelli, 1992.

SISMOLOGIA**Docente: Paolo Gasperini**

Tipo: 60 ore di lezioni teoriche + 30 di laboratorio di informatica, 1° semestre, 4° anno

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire una preparazione di base sui fenomeni associati all'occorrenza dei terremoti e sui metodi di indagine geofisica che sfruttano la propagazione di onde sismiche nella Terra. Viene anche introdotto l'uso del linguaggio di programmazione Fortran per la soluzione di semplici problemi geofisici.

Contenuto del corso: Richiami di meccanica dei continui: notazione indiciale, tensori dello sforzo e della deformazione, equazioni di equilibrio, equazioni del moto, elasticità, onde elastiche, raggi sismici, discontinuità sismiche, determinazione delle velocità sismiche all'interno della Terra, equazione di Adams-Williamson, onde superficiali, oscillazioni libere della Terra, anelasticità ed attenuazione, modello PREM, tomografia sismica. Prospezione sismica a rifrazione: onda riflessa e rifratta, distanza

critica, modelli multistrato, strati inclinati, sezioni inverse, limiti del metodo, strato a bassa velocità, strato sottile. Prospezione a riflessione: coefficienti di riflessione e rifrazione, grafico t^2-x^2 , velocità minimi quadrati, deviazione normale, modelli multistrato, strati inclinati, multiple, profili CDP e offset comune, stacking, migrazione. Terremoti: Modello di Reid, determinazione dei parametri ipocentrali, magnitudo, energia sismica, momento sismico, distribuzione di Gutenberg-Richter, sequenze sismiche, modelli di occorrenza, previsione. Meccanismi di sorgente: metodo dei primi arrivi, piano focale ed ausiliario, interpretazione tettonica, tensore momento sismico, metodo CMT. Sismicità storica: scale macrosismiche, relazioni intensità-magnitudo, leggi di attenuazione, statistiche sismologiche, rischio sismico. Strumentazione sismica: serie e integrale di Fourier, trasformazione inversa, periodogramma, finestre di smussamento, filtri, convoluzione. Sismometro: astatizzazione, smorzamento, reti sismometriche, larga banda. Programmazione in linguaggio Fortran: costanti e variabili, operatori aritmetici, etichette, istruzioni: program, subroutine, function, end, dimension, common, assegnamento, read, write, goto, if-then-else-endif, continue, do, stop, call, return.

Testi consigliati

G. AGUZZI, M.G. GASPARO e M. MACCONI, *FORTRAN 77 uno strumento per il calcolo scientifico*, Pitagora, 1985.
 H.R. BURGER, *Exploration geophysics of the shallow subsurface*, Prentice-Hall, 1992.
 T. LAY e T.C. WALLACE, *Modern Global Seismology*, Academic Press, 1995.

SPELEOLOGIA

Docente: Paolo Forti

Contenuto del corso:

Introduzione. Le principali teorie speleogenetiche: teorie vadose, freatiche, miste; la miscela delle acque, l'erosione inversa ed antigravitativa. Moderne teorie dinamiche.

Le morfologie superficiali e profonde: doline, polie, microforme superficiali e loro meccanismi genetici ed evolutivi. Morfologie vadose e freatiche profonde: influenza della litologia, del clima ecc. su queste forme.

I depositi di grotta: i depositi fisici, loro morfologie e metodi di studio; i depositi chimici: principali tipi di concrezionamento, loro genesi ed evoluzione.

Minerogenesi secondaria di grotta: i principali meccanismi di minerogenesi carsica; carsismo e giacimenti minerali.

Meteorologia ipogea: nozioni di base sulla circolazione dell'aria nelle grotte; influenza degli scambi termici nell'evoluzione di un sistema carsico. Problemi di inquinamento e salvaguardia.

Idrogeologia carsica: principali differenze tra acquiferi carsici e acquiferi porosi; definizione del bacino, particolari tecniche di studio: i traccianti.

Particolari applicazioni della speleologia negli studi geologici: studi sismotettonici e

litostratigrafici.

Testi consigliati

FORD e CULLINGFORD, *The Science of Speleology*, Academic Press, London, 1-593, 1976.

JAKUCS, *Morphogenetics in Karst regions*, Bristol.

Dispense e appunti.

VULCANOLOGIA

Docente: Piermaria Luigi Rossi

Contenuto del corso:

Introduzione Vulcanismo planetario - Paleovulcanismo - Vulcanismo cenozoico - Vulcanismo attivo - I vulcani e l'uomo, la vulcanologia - Vulcani e tettonica delle zolle.

Prima parte Energia interna del pianeta - Generazione dei magmi - Risalita e messa in posto dei magmi - Anomalie geofisiche associate - Classificazione e distribuzione delle rocce vulcaniche - Aree vulcaniche italiane (vulcanismo attivo-recente).

Seconda parte Materiali vulcanici - Meccanica dei fenomeni eruttivi - Estruzione e dinamica dei duomi e colate - Depositi piroclastici - Energia liberata nelle eruzioni.

Terza parte Risorse naturali associate al vulcanesimo - Rischio vulcanico.

Testi consigliati

P.L. ROSSI, *Contributi al rilevamento in aree vulcaniche*, Pitagora ed., Bologna, 1987.

M. BULLARD, *I vulcani della terra*, Newton Compton ed., 1978.

D. CHESTER, *Volcanoes and Society*, E. Arnold, London, 1993

L. CIVETTA, P. GASPERINI, G. LUONGO e A. RAPOLLA, *Physical volcanology*, Elsevier, Amsterdam, 1974.

M. CORTINI e R. SCANDONE, *Un'introduzione alla vulcanologia*, Liguori ed., Napoli, 1987.

R. DECKER, B. DECKER, *Volcanoes*, Freeman and Company, New York, 1989.

R.V. FISCHER e H.U. SMINCKE, *Pyroclastic rocks*, Springer-Verlag, Berlino, 1984.

P. FRANCIS, *Volcanoes*, Penguin Books, 1976.

M. GIROD, *Les roches volcaniques*, Doin ed., Parigi, 1978.

A. RITTMANN, *I vulcani e la loro attività*, Cappelli ed., 1967.

R. SCANDONE, L. GIACOMELLI, *Vulcanologia*, Liguori ed., Napoli, 1998

H. WILLIAMS e A.R. MC BIRNEY, *Volcanology*, Freeman, Cooper & Co., San Francisco, 1976.

**Corso di Laurea
in
SCIENZE NATURALI**

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE NATURALI

Introduzione al Nuovo Ordinamento

Con l'anno accademico 1992/93 è entrato in vigore il Nuovo Ordinamento del Corso di Laurea in Scienze Naturali (tabella XXIV, D.P.R. 12/10/1989 pubblicato su G.U. n. 83 del 14/4/1990). Lo statuto dell'Università degli Studi di Bologna è stato pubblicato su G.U. n. 222 del 21/9/1992, Decreto Rettorale del 26/3/1992.

ASPETTI GENERALI

Il nuovo ordinamento del Corso di Laurea in Scienze Naturali prevede una durata di quattro anni ed un'articolazione in due indirizzi:

- Generale e Didattico, con due orientamenti: Generale e Didattico;
- Conservazione della natura e delle sue risorse.

Il Corso di Laurea prevede ventitrè insegnamenti annuali, dei quali sedici obbligatori comuni e sette di indirizzo, di questi cinque sono obbligatori e due a scelta dello studente.

Nel primo anno di corso sono organizzati due corsi integrati introduttivi, di cui uno di Biologia ed uno di Scienze della Terra, la cui frequenza è obbligatoria. Prima dell'assegnazione formale della tesi è previsto un colloquio di lingua inglese.

PIANO DIDATTICO

ORDINE DEGLI STUDI VALIDO PER GLI STUDENTI IMMATRICOLATI DALL'ANNO ACCADEMICO 1992/93

<i>1° Anno</i>	<i>2° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none">• Istituzioni di Matematiche• Fisica• Chimica generale ed inorganica• Paleontologia• Corso introduttivo integrato di biologia (intensivo, I semestre)• Corso introduttivo integrato di scienze della terra (intensivo, I semestre)• Genetica (intensivo, II semestre)• Zoologia (intensivo, II semestre)	<ul style="list-style-type: none">• Antropologia• Chimica organica• Anatomia Comparata• Geografia• Mineralogia (intensivo, I semestre)• Botanica (intensivo, II semestre)

Indirizzo Generale e Didattico – Orientamento Generale

<i>3° Anno</i>	<i>4° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Sistematica e filogenesi animale • Geologia • Botanica sistematica • Ecologia • Geografia fisica • Petrografia • Un insegnamento a scelta fra i complementari 	<ul style="list-style-type: none"> • Fisiologia generale (intensivo, I semestre) • Fisiologia vegetale (intensivo, II semestre) • Biogeografia (intensivo, II semestre) • Un insegnamento a scelta fra i complementari

Indirizzo Generale e Didattico – Orientamento Didattico

<i>3° Anno</i>	<i>4° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Sistematica e filogenesi animale • Geologia • Botanica sistematica • Ecologia • Geografia fisica • Anatomia Umana • Un insegnamento a scelta fra i complementari 	<ul style="list-style-type: none"> • Fisiologia generale (intensivo, I semestre) • Fisiologia vegetale (intensivo, II semestre) • Didattica delle Scienze naturali (intensivo, I semestre) • Un insegnamento a scelta fra i complementari

Indirizzo Conservazione della Natura e delle sue Risorse

<i>3° Anno</i>	<i>4° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Sistematica e filogenesi animale • Geologia • Botanica sistematica • Ecologia • Geobotanica • Sedimentologia e regime dei litorali • Un insegnamento a scelta fra i complementari 	<ul style="list-style-type: none"> • Fisiologia generale (intensivo, I semestre) • Geologia ambientale (intensivo, II semestre) • Conservazione della Natura e delle sue Risorse (intensivo, I semestre) • Un insegnamento a scelta fra i complementari

ORDINE DEGLI STUDI VALIDO PER GLI STUDENTI MATRICOLATI DALL'A.A. 1989/90 ALL'A.A. 1991-92

<i>1° Anno</i>	<i>2° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Chimica generale ed inorganica • Fisica • Istituzioni di matematiche • Zoologia I • Geografia 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimica organica • Botanica I • Zoologia II • Anatomia comparata • Mineralogia

<i>3° Anno</i>	<i>4° Anno</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Geologia • Botanica II • Anatomia umana • Fisiologia generale I • Internato tesi di laurea • Due materie complementari 	<ul style="list-style-type: none"> • Fisiologia Generale II • Internato tesi di laurea • Due materie complementari

**INSEGNAMENTI COMPLEMENTARI PER GLI STUDENTI
IMMATRICOLATI CON IL NUOVO ORDINAMENTO DALL'A.A. 1992-93**

- Astronomia
- Biologia generale
- Chimica fisica
- Citologia ed Istologia
- Ecologia umana
- Entomologia
- Fisiologia Comparata
- Fitosociologia
- Genetica di popolazioni
- Geochimica (da Sc. Geologiche)
- Geologia applicata (da Sc. Geologiche)
- Idrobiologia
- Micropaleontologia
- Mineralogia applicata (da Sc. Geologiche)
- Sedimentologia (da Sc. Geologiche)
- Zoocenosi e Protezione della Fauna

Inoltre possono essere scelti come corsi complementari tutti gli insegnamenti di indirizzo attivati.

**INSEGNAMENTI COMPLEMENTARI PER GLI STUDENTI IMMATRICOLATI
CON IL VECCHIO ORDINAMENTO FINO ALL'A.A. 1991-92**

- Antropologia
- Astronomia
- Biochimica vegetale (da Sc. Biol.)
- Biologia Generale
- Chimica fisica
- Didattica naturalistica e biologica
- Ecologia

- Entomologia
- Fisica terrestre (da Sc. Geol.)
- Fisiologia vegetale (da Sc. Biol.)
- Fitosociologia
- Genetica
- Genetica delle popolazioni
- Geochimica (da Sc. Geol.)
- Geografia fisica
- Geologia applicata (da Sc. Geol.)
- Idrobiologia
- Istologia ed embriologia
- Micropaleontologia
- Mineralogia applicata (da Sc. Geol.)
- Paleontologia
- Petrografia
- Sedimentologia (da Sc. Geol.)

PROPEDEUTICITÀ

L'ordine degli studi del Corso di Laurea in Scienze Naturali non prevede propedeuticità o sbarramenti nella frequenza dei corsi e nel superamento degli esami.

Per quanto riguarda la preparazione ed il superamento degli esami il Consiglio di Corso di Laurea rivolge tuttavia un pressante invito agli studenti a sostenere gli esami di Istituzioni di Matematiche, di Fisica e di Chimica Generale ed Inorganica nel primo anno di corso, consiglia di frequentare i Corsi introduttivi integrati di Scienze della Terra e di Biologia prima di sostenere gli esami delle discipline dei rispettivi settori, inoltre suggerisce le seguenti propedeuticità:

- Botanica prima di Botanica Sistemática e di Fisiologia Vegetale.
- Botanica Sistemática prima di Geobotanica e di Biogeografia.
- Chimica Generale ed Inorganica prima di Chimica Organica, di Genetica, di Zoologia, di Mineralogia e di Geografia.
- Chimica Organica prima di Botanica, di Fisiologia Vegetale e di Fisiologia Generale.
- Fisica prima di Geografia.
- Genetica prima di Botanica Sistemática, di Sistemática e Filogenesi animale e di Antropologia.
- Geografia prima di Geografia Fisica, di Geologia, di Botanica Sistemática e di Biogeografia.
- Istituzioni di Matematiche prima di Geografia.
- Mineralogia prima di Petrografia e di Geologia.
- Sistemática e Filogenesi Animale prima di Biogeografia.
- Zoologia prima di Anatomia Comparata e di Sistemática e Filogenesi Animale

EQUIVALENZE DI FREQUENZE E DI ESAMI FRA CORSI DEL VECCHIO E DEL NUOVO ORDINAMENTO

Fino ad esaurimento del vecchio ordinamento i corsi con la stessa denominazione nel vecchio e nel nuovo ordinamento sono da ritenersi equivalenti; in aggiunta i corsi di Zoologia e di Botanica del nuovo ordinamento sono da ritenersi equivalenti a Zoologia I e a Botanica I del vecchio ordinamento e i corsi di Sistematica e Filogenesi Animale e di Botanica Sistematica a Zoologia II e Botanica II.

I corsi biennali di Botanica, di Zoologia e di Fisiologia generale del vecchio ordinamento comportano due esami distinti rispettivamente alla fine di ogni anno di frequenza,

INTERNATO ED ESAME DI LAUREA

Nel 3° e 4° anno di corso gli studenti sono tenuti a frequentare come allievi interni uno dei Dipartimenti di discipline biologiche o geomineralogiche, ove si svolgono insegnamenti della Facoltà di Scienze, per la preparazione della tesi di laurea.

Per poter essere accolto come interno, lo studente deve aver superato almeno sette esami del 1° e del 2° anno, uno dei quali potrà essere sostenuto nella sessione straordinaria di febbraio.

A partire dalla fine del 2° anno, gli studenti che si trovino nella sopra detta condizione sono invitati a presentare domanda di internato al Direttore del Dipartimento o Istituto prescelto, tramite il Docente a cui hanno richiesto l'argomento della tesi di laurea. Copia della domanda di internato deve essere consegnata al Presidente del Consiglio di Corso di Laurea (CCdL).

Per frequentare l'internato in un Dipartimento o Istituto di altra Facoltà è necessaria l'autorizzazione del CCdL; a tal fine va presentata domanda motivata al Presidente del CCdL.

Le domande di internato vanno presentate entro il 15 novembre. Nel caso la domanda non venga accolta lo studente può presentare richiesta di internato ad altro Dipartimento o Istituto, con le stesse modalità, entro il 15 dicembre.

L'esame di laurea comprende per gli studenti del vecchio ordinamento:

- la discussione di una dissertazione scritta
- l'esposizione orale e la discussione di due tesine.

I tre argomenti della tesi e delle tesine di laurea devono necessariamente prevedere almeno un argomento biologico e almeno un argomento geomineralogico. Precede l'esame di laurea un colloquio su una delle tesine.

Per essere ammesso all'esame di laurea lo studente deve aver seguito i corsi e superato gli esami di tutti gli insegnamenti fondamentali e di almeno quattro da lui scelti fra i complementari.

Per gli studenti immatricolati dall'a.a. 1992/93 l'esame consiste nella discussione di una dissertazione scritta. Per essere ammesso all'esame di laurea lo studente deve aver seguito i corsi e superato gli esami di tutti gli insegnamenti fondamentali e di indirizzo e di almeno due da lui scelti fra i complementari.

ISTITUTI DOVE SI TENGONO I CORSI

DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA EVOLUZIONISTICA E SPERIMENTALE

SEDE DI ANATOMIA COMPARATA, Via Selmi, 3

- Anatomia comparata
- Embriologia
- Fisiologia generale
- Fisiologia comparata
- Istologia ed Embriologia

SEDE DI ANTROPOLOGIA, Via Selmi, 3

- Antropologia

SEDE DI BOTANICA, Via Imerio, 42

- Botanica
- Botanica sistematica
- Conservazione della natura e delle sue risorse
- Fisiologia vegetale
- Fitosociologia
- Geobotanica

SEDE DI GENETICA, Via Selmi, 3

- Genetica

SEDE DI ZOOLOGIA, Via Selmi, 3

- Zoologia
- Sistematica e filogenesi animale
- Biologia generale
- Didattica naturalistica e biologica
- Ecologia
- Entomologia
- Embriologia
- Idrobiologia e piscicoltura

ISTITUTO DI ANATOMIA UMANA NORMALE, Via Imerio, 48

- Anatomia Umana

DIPARTIMENTO DI ASTRONOMIA, Via Zamboni, 33

- Astronomia

DIPARTIMENTO DI CHIMICA «G. CIAMICIAN», Via Selmi, 2

- Chimica Generale Inorganica
- Chimica Organica

DIPARTIMENTO DI FISICA, Via Imerio, 46

- Fisica

DIPARTIMENTO DI MATEMATICA, Piazza di Porta San Donato, 5

- Istituzioni di Matematiche

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA E GEOLOGICO AMBIENTALI

Via Zamboni, 67

- Geografia
- Geografia fisica
- Geologia
- Micropaleontologia
- Paleontologia

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA E GEOLOGICO AMBIENTALI

Piazza di Porta San Donato, 1

- Geochimica
- Mineralogia
- Mineralogia applicata
- Petrografia

Programmi dei corsi

ANATOMIA COMPARATA

Docente: Luigi Villani

Tipo: 80 ore di lezione, 18 ore di esercitazioni

Crediti: 11

Esame: orale

Scopo del corso: Dare i principi di base dell'evoluzione e sviluppo embriologico dei vertebrati. Descrivere le caratteristiche dei componenti e l'organizzazione del corpo dei vertebrati. Fornire i concetti di forma e funzione e delle modificazioni anatomiche che intervengono in termini di adattamento all'ambiente esterno.

Contenuto del corso: Origine e classificazione dei vertebrati. Gli agnati: Missinoidei e petromizzonti. I vertebrati con mascelle. Placodermi, Condroitti, Acanthodi ed Osteoitti. I crossopterigi ripidisti ed il passaggio alla vita terrestre. Gli anfibi labirintodonti ed i lissanfibi. Gli amnioti: Anapsidi, Diapsidi e Sinapsidi. Gli Uccelli. I Mammiferi prototeri, metateri ed euteri. Le fasi iniziali dello sviluppo, gameti e fecondazione, segmentazione gastrulazione e neurulazione. La formazione degli annessi embrionali e la placenta. Il tegumento. Sviluppo, struttura e funzioni dell'apparato tegumentario l'importanza dei derivati dermici e di quelli epidermici nei vertebrati acquatici e terrestri. La termoregolazione. Apparato scheletrico. Tessuto osseo ed ossificazione. Endoscheletro e dermascheletro. Sviluppo ed evoluzione della colonna vertebrale, cinti ed appendici. Sviluppo del cranio. Il sistema nervoso centrale e periferico. Il tessuto nervoso. Il midollo spinale ed i diversi centri encefalici. I nervi cranici e gli organi di senso generali e specializzati. Il sistema nervoso autonomo. L'apparato urogenitale. Caratteristiche generali e sviluppo dei reni. Evoluzione del rene e osmoregolazione. Sviluppo e struttura delle gonadi. Evoluzione dei dotti urogenitali. L'apparato respiratorio. Funzioni e organizzazione strutturale nei vertebrati acquatici e terrestri. La ventilazione dei polmoni. Il sistema circolatorio. Il cuore. Evoluzione degli archi aortici. Evoluzione del sistema circolatorio arterioso, venoso e linfatico. I sistemi portalici. L'apparato digerente. Organizzazione e funzioni principali. Sviluppo del tubo digerente e delle ghiandole annesse. I denti. Il sistema muscolare. Muscolatura striata e liscia. Caratteristiche funzionali. Organi elettrici. Il sistema ghiandolare endocrino. Caratteristiche generali, funzione ed evoluzione. La neurosecrezione.

Testi consigliati

M. HILDEBRAND, *Anatomia comparata dei vertebrati*, Zanichelli.
G.C. KENT, *Anatomia comparata dei vertebrati*, Piccin.
G. MINELLI, *Anatomia comparata dei vertebrati*, Patron.
POUG, HEISER, MCFARLAND, *Biologia evolutiva e comparata dei vertebrati*, Ed. Ambrosiana.

ANATOMIA UMANA

Docente: Isabella Galliani Mastrelli

Tipo: 75 ore di lezione + 18 di esercitazioni. Annuale, 3° anno

Crediti: 8

Scopo del corso: Fornire le nozioni fondamentali per interpretare correttamente le strutture che sono alla base dell'organizzazione anatomica dell'uomo.

Contenuto del corso: Introduzione alla teoria cellulare; classificazione dei tessuti. Osteologia e artrologia. Generalità sui muscoli; meccanismo muscolare. Apparato circolatorio: cuore, rapporti, forma, valvole, cavità cardiache; arterie, vene, capillari. Grande e piccola circolazione, circolazione fetale e portale. Sangue. Apparato linfatico: generalità, linfonodi, timo, milza. Apparato respiratorio: organi fondamentali, rapporti, struttura, funzioni. Apparato digerente: organi fondamentali, rapporti, struttura e funzioni; ghiandole annesse all'apparato digerente; descrizione particolareggiata del villo intestinale, del lobulo epatico con riferimenti all'ultrastruttura degli stessi. Apparato urinario: organi fondamentali, rapporti, struttura e funzioni. Apparato genitale: organi fondamentali, rapporti, struttura, azioni ormonali. Apparato endocrino: principali ghiandole endocrine, rapporti, struttura e azione dei singoli ormoni sugli organi bersaglio. Apparato nervoso: app. nervoso centrale; app. nervoso periferico; app. nervoso simpatico. Organi di senso.

Il corso comprende inoltre una serie di esercitazioni di Anatomia Microscopica e di Osteologia.

Testi consigliati

L. CATTANEO, *Compendio di Anatomia umana*, Monduzzi.

BLOOM e FAWCETT, *Trattato di Istologia*, Piccin Ed.

M.B. CARPENTER, *Neuro Anatomia*, Piccin Ed.

V. MONESI, *Istologia*, Piccin Ed.

GRAY, *Anatomia*, Zanichelli Ed.

ANTROPOLOGIA**Docente: Fiorenzo Facchini****Tipo:** 65 ore di lezione, estensivo, 2° anno, 15 ore di esercitazioni**Crediti:** 10**Esame:** orale, preceduto da prova scritta di orientamento

Scopo del corso: Fornire conoscenze di base sull'uomo, sulla sua evoluzione e variabilità biologica in relazione all'ambiente e alla cultura.

Contenuto del corso: Le scienze antropologiche. Le caratteristiche biologiche e comportamentali dell'uomo nel quadro dei Primati. Le origini e l'evoluzione dell'uomo. Metodi di studio, tempi dell'evoluzione umana, parametri evolutivi, filogenesi dei Primati, l'ambiente dell'evoluzione umana. Il bipedismo. Le forme australopithecine. L'evoluzione del genere Homo (H.habilis, H.erectus, H.sapiens). Teorie e modelli evolutivi. La cultura nella evoluzione umana. L'umanità vivente. Caratteristiche morfologiche, somatometriche, fisiologiche dell'Uomo e variazioni in relazione con l'età, il sesso, l'ambiente, i gruppi umani. Caratteristiche emotipologiche (sistemi gruppoematici, sierici, enzimatici). Emoglobine anomali e talassemie. Polimorfismi bilanciati. Uomo e ambiente. Fattori della variabilità. Ecosistema umano. L'adattamento umano (fisiologico, genetico, di sviluppo, culturale). L'adattamento umano ai diversi ambienti. Popolazioni, gruppi umani e tipi razziali. Unità e diversità nella specie umana. Il posto dell'uomo nella natura.

Testi consigliati

F. FACCHINI, *Antropologia. Evoluzione, Uomo, Ambiente*, UTET, Torino, 1995 (II edizione).

ASTRONOMIA**Docente: Francesco Saverio Delli Santi****Crediti:** 6

Scopo del corso: Scopo del Corso è quello di aiutare gli Studenti nella costruzione di un'immagine il più possibile corretta e quantitativa del contenuto fisico dell'universo astronomico. Ampio spazio verrà dato a quegli argomenti che di volta in volta saranno ritenuti più vicini agli interessi naturalistici degli studenti ai quali il Corso si rivolge, a complemento della loro formazione.

Contenuto del corso:

a) *Astronomia sferica e teorica:* La sfera Celeste e i sistemi di coordinate. Tempo siderale e tempo solare. Calendari. Fenomeni che influiscono sulle coordinate di un astro

(aberrazione, parallasse, rifrazione atmosferica, precessione). Il moto apparente del Sole e dei Pianeti. Le leggi di gravitazione e di Keplero. Le orbite dei corpi nel Sistema Solare.

b) Astrofisica Stellare (quadro osservativo): Gli strumenti principali per l'osservazione astronomica. Magnitudini apparenti ed assolute. Determinazione della distanza di stelle vicine. Stelle doppie e determinazione delle masse stellari. Determinazione delle temperature superficiali. Diametri stellari. Classificazione delle stelle. Relazione Massa-Luminosità. Il Sole: fenomeni fotosferici e coronali. Variabili fisiche. La Galassia. Ammassi aperti e globulari.

c) Astrofisica stellare (quadro interpretativo): Diagrammi HR. Popolazioni stellari. Le equazioni dell'equilibrio stellare. Origine dell'energia nelle stelle e principali reazioni di fusione termonucleare. Evoluzione stellare e nucleosintesi stellare.

d) Le supernovae e la nucleosintesi degli elementi pesanti. Le osservazioni di molecole complesse nella materia interstellare. Processi per la formazione delle molecole complesse. Ipotesi e considerazioni sulla vita dell'Universo e progetti di comunicazione interstellare.

e) Il Sistema Solare: Caratteristiche delle superficie planetarie dalle osservazioni astronomiche e dalle sonde interplanetarie. Costituzione interna dei Pianeti. Asteroidi, comete, meteoriti. Teoria sulle origini del Sistema solare. Relazioni Terra-Sole.

f) Astronomia extragalattica: La misura delle distanze astronomiche. Red-shift cosmologico e la legge di Hubble. Galassie ed ammassi di galassie. Cenni sui modelli cosmologici.

Il corso verrà integrato con esercizi ed esercitazioni pratiche.

Testi consigliati

P. BAKULIN, E. KONONOVIC, V. MOROZ, *Astronomia generale*, Editori Riuniti, Roma, 1984.

F. HOYLE, *Astronomy and Cosmology. A modern course*, Freeman & Co., S. Francisco, 1975.

Appunti e più precise indicazioni bibliografiche verranno date agli Studenti di volta in volta su quegli argomenti che si riterrà opportuno dover ampliare.

BIOGEOGRAFIA

Docente: Stefano Tommasini

Tipo: 60 ore di lezione, 2° semestre, 4° anno

Crediti: 8

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire ulteriori contributi di Biogeografia descrittiva sincronica a completamento delle nozioni già apprese nei corsi di «Botanica 2», «Sistematica e filogenesi animale» e «Paleontologia». Proporre valutazioni ed ipotesi di Biogeografia causale diacronica.

Contenuto del corso: Storia della Biogeografia. Concetto di specie e speciazione.

Gruppi sopraspecifici. Studio delle relazioni filetiche. Filogenesi e sistematica. Cladi e Gradi. Concetto di areale: definizione, descrizione, dinamica e modificazioni. Analisi dell'areale. Endemismo. Unità biogeografiche regionali. Categorie corologiche. General Tracks. Unità biotiche regionali. Comunità, biomi e biosfera. La biodiversità, numero di specie possibili e rapporto: speciazione/estinzione. Dispersione. Estinzioni. Teoria dell'equilibrio nella Biogeografia insulare. Colonizzazione, estinzione e turn over. Relazione area/specie. Distribuzione non stocastica e annidamento delle specie. Caratteristiche dei biota insulari. Biogeografia dei Vertebrati. Biogeografia e biodiversità delle acque dolci. Biogeografia storica.

Testi consigliati

M. ZUNINO & A. ZULLINI, *Biogeografia*, Ambrosiana, Milano.
D. BEDULLI, *Appunti di Biogeografia*, Studium parmense, Parma.
C.B. COX & P.D. MOORE, *Biogeography*, Blackwell SC., Oxford.

BIOLOGIA E SISTEMATICA DELLE ALGHE

Docente: Laurita Boni

BIOLOGIA GENERALE

Docente: Maria Vallisneri

Tipo: 50 ore di lezione, intensivo (2. semestre)

Esame: orale

Contenuto del corso

Proprietà degli esseri viventi: irritabilità, utilizzazione di sorgenti nutritive, accrescimento, sviluppo, riproduzione. Struttura ed organizzazione degli esseri viventi. La riproduzione asessuata e sessuata: modalità, strategie riproduttive. Embriologia: fecondazione, modelli di sviluppo nei principali phyla animali: la segmentazione, la gastrulazione, la neurulazione, l'organogenesi. Cenni di embriologia umana. Problemi e risultati dell'embriologia sperimentale. I meccanismi dello sviluppo: determinazione e differenziamento, divisione e morte cellulare. Biologia animale: l'evoluzione morfo-funzionale degli organismi animali in relazione agli adattamenti ambientali. Aspetti del comportamento animale: cause prossime e remote, lo sviluppo del comportamento; istinto e apprendimento, il comportamento territoriale, il corteggiamento, il comportamento sociale. Cenni di storia della biologia.

Testi consigliati

ARMS, CAMP, *Biologia*, Piccin Ed. 1998
SOLOMON, BERG, MARTIN, VILLEE, Edises S.R.L. Napoli 1997
CURTIS, BARNES, *Biologia*, Zanichelli Ed. 1996
COCKRUM, MC CAULEY, *Zoologia*, Piccin Ed. 1980

BOTANICA

Docente: Nello Bagni

Tipo: 60 ore di lezione, 22 ore di esercitazione, 2° semestre, 2° anno

Crediti: 11

Esame: orale, integrato con riconoscimento di preparati

Scopo del corso: Dare i principi generali di base della Botanica, riguardanti la struttura della cellula, dei tessuti, dell'anatomia e delle funzioni principali necessari per poter affrontare le problematiche della biologia vegetale. Fornire i concetti basilari dell'evoluzione delle strutture vegetali, delle loro modificazioni ed adattamenti ambientali. Porre lo studente in condizione di comprendere i meccanismi funzionali che regolano la vita delle piante.

Contenuto del corso: L'insegnamento della Botanica nell'Ateneo bolognese. Teorie dell'origine della vita. Differenze principali fra piante ed animali. Procarioti ed eucarioti. Struttura di una cellula vegetale tipica. La parete cellulare: ontogenesi, struttura, composizione chimica e sue modificazioni secondarie. I plastidi: loro ontogenesi e struttura. Cloroplasti, cromoplasti e leucoplasti. Il vacuolo: sue origine, funzioni e contenuto. Inclusi dei plastidi e dei vacuoli. I metaboliti secondari, i pigmenti. Gradi di organizzazione morfologica dei vegetali. Tessuti e pseudotessuti. Tessuti embrionali o meristemati. Accrescimento embrionale, accrescimento per distensione e meccanismi di differenziamento a livello istologico. Descrizione dei principali tessuti adulti. I fasci conduttori e l'evoluzione del sistema cribro-vascolare. Struttura del corno. Formazione dell'embrione. Il seme, la germinazione e la formazione della plantula. Morfologia ed anatomia del fusto, delle foglie, della radice e loro modificazioni. La propagazione in vivo e in vitro delle piante. Principi di fisiologia vegetale. Fotoautotrofia e chemioautotrofia. La fotosintesi: fase luminosa ed organizzazione del carbonio delle piante C₃, C₄ e CAM e loro relazione coll'ambiente. Autotrofia ed eterotrofia. Metabolismi ossidativi nelle piante: fotorespirazione, respirazione aerobia e fermentazioni. Fissazione ed organizzazione dell'azoto negli organismi vegetali e loro relazioni con la fotosintesi. Ciclo del carbonio e dell'azoto in natura. Meccanismi di assorbimento, trasporto e/o dispersione dell'acqua e delle sostanze inorganiche. Trasporto delle sostanze assimilate. Simbiosi e parassitismo. Gli ormoni vegetali e i secondi messaggeri. Ciclo ontogenetico e fenomeni ricorrenti. La fotomorfogenesi. I tropismi.

Testi consigliati

N. BAGNI, S. GENTILE, P. MARCHI, G. TRIPODI, G. VANNINI e D. ZANNONI, *Botanica*, Monduzzi editore, Bologna, IIa ed., 1997.

BOTANICA SISTEMATICA

Docente: Giovanna Puppi

Tipo: 90 ore di lezione, estensivo, 3° anno

Crediti: 11

Esame: orale, con prova pratica di riconoscimento e preparazione di un erbario

Contenuto del corso:

PARTE GENERALE. Tassonomia, nomenclatura, sistemi di classificazione. Cenni di storia della Botanica Sistemática. La specie e la variazione infraspecifica; la speciazione: modalità e meccanismi.

PARTE ANALITICA. Procarioti: origine e biologia: Archaeobacteria, Eubacteria. Eucarioti: origine degli Eucarioti, organizzazione cellulare; livelli di organizzazione; tipi di riproduzione: vegetativa, sessuale e per sporogonia; cicli metagenetici. Miceti: Oomycota, Eumycota (Zygomycetes, Ascomycetes, Basidiomycetes). Licheni. Alghe: Euglenophyta, Dinophyta, Haptophyta, Chrysophyta, Chloro-phyta, Rhodophyta. Origine delle piante terrestri e delle tracheofite. Bryophyta: Hepaticae, Musci. Pteridophyta: Psilophytopsida, Lycopodiopsida, Equisetopsida, Pteropsida. Spermatophyta: generalità e sistemática Coniferophytina: Ginkgoopsida e Pinopsida. Cycadophytina: Pteridospermae, Cycadopsida, Gnetopsida. Magnoliophytina (Angiospermae): Dicotyledoneae: Magnoliidae (Magnoliales), Ranunculidae (Ranunculales, Papaverales), Hamamelididae (Urticales, Fagales), Caryo-phyllidae (Caryophyllales), Rosidae (Rosales, Fabales, Araliales, Euphorbiales), Dilleniidae (Capparales, Salicales, Ericales), Lamiidae (Oleales, Scrophulariales, Solanales, Lamiales) Asteridae (Asterales). Monocotyledoneae: Liliidae (Asparagales, Liliales, Orchidales, Juncales, Cyperales, Poales) Alismatidae, Arecidae.

Testi consigliati

STRASBURGER, 1995, *Trattato di Botanica: parte sistemática*, Delfino.

GEROLA, *Biologia vegetale sistemática filogenetica*, UTET.

GEROLA, *Biologia e diversità dei vegetali*, UTET.

per la identificazione delle specie si consigliano le flore:

DALLA FIOR, *La nostra flora*, Monauni, Trento.

oppure

ZANGHERI, *Flora italiana*, CEDAM, Padova.

CHIMICA GENERALE ED INORGANICA**Docente: Norberto Roveri****Tipo:** 90 ore di lezione, estensivo, I anno**Crediti:** 10**Esame:** orale

Scopo del corso: Dare le nozioni fondamentali che stanno alla base della comprensione e della spiegazione dei fenomeni chimici fornendo allo studente le indicazioni indispensabili per risolvere i più semplici, ma basilari problemi di stechiometria. Fornire allo studente le principali nozioni di chimica inorganica attraverso la descrizione e comprensione delle proprietà chimiche e fisiche individuali degli elementi e dei loro composti principali.

Contenuto del corso: Struttura atomica della materia (struttura degli atomi, massa atomica e massa molecolare, il sistema periodico degli elementi). Legame chimico (legame ionico, legame covalente, legame metallico, legame ad idrogeno e forze di Van der Waals). Potenziale di ionizzazione. Affinità elettronica. Risonanza. Ibridazione. Geometria molecolare. Numero di ossidazione. Nomenclatura dei composti chimici. Stechiometria delle reazioni chimiche (reazioni acido-base, reazioni di spostamento e reazioni di ossido-riduzione). Stati di aggregazione della materia (stato gassoso, stato solido e stato liquido). Cambiamenti di stato. Diagrammi di stato. Proprietà colligative delle soluzioni. Elettroliti. Cenni di termodinamica (funzioni di stato, primo e secondo principio della termodinamica, stato di equilibrio di un sistema). Termochimica. Cinetica chimica (velocità di reazione, reazioni di primo e secondo ordine, energia di attivazione, catalizzatori, reazioni eterogenee). Equilibrio chimico (legge di azione di massa, effetto della temperatura sull'equilibrio). Equilibri omogenei ed eterogenei. Equilibri in soluzioni acquose. Dissociazione dell'acqua. Acidi e basi. Idrolisi. Soluzioni tampone. Misura del pH. Titolazione. Prodotto di solubilità. Elettrochimica (dissociazione elettrolitica, elettrolisi, leggi quantitative dell'elettrolisi, celle galvaniche, forza elettromotrice delle pile, celle galvaniche di pratico impiego). Chimica inorganica (proprietà periodiche degli elementi, metalli del I e II gruppo, elementi di transizione e composti di coordinazione, elementi del III gruppo, elementi del IV gruppo, elementi del V gruppo, elementi del VI gruppo, alogeni, gas nobili)

Testi consigliatiR.H. PETRUCCI, W.S. HARWOOD, *Chimica Generale*, Piccin, Padova.S. S. ZUMDAHL, *Chimica*, Zanichelli, Bologna.P. CORRADINI, *Chimica Generale*, Ambrosiana, Milano.

CHIMICA ORGANICA**Docente: Andrea Bottoni****Tipo:** 80 ore di lezione, II anno, annuale**Crediti:** 10**Esame:** orale

Scopo del corso: Fornire allo studente gli elementi fondamentali per comprendere gli aspetti relativi alla struttura e alla reattività delle molecole organiche con particolare riferimento a processi di interesse naturalistico e biologico.

Contenuto del corso: Natura del legame chimico. Concetto di ibridizzazione. Strutture di risonanza. Concetti di acidità e basicità. Reattivi nucleofili ed elettrofili. Proprietà fisiche delle molecole organiche. *Alcani e cicloalcani:* Nomenclatura, proprietà fisiche e struttura elettronica. Analisi conformazionale in sistemi aperti e ciclici. Isomeria cis/trans nei cicloalcani sostituiti. Reazioni di alogenazione. Radicali e carbocationi e loro stabilità. *Isomeria configurazionale:* Molecole chirali. Enantiomeri e diastereoisomeri. Proiezioni di Fisher. Forme meso. Nomenclatura R/S. *Alcheni:* Nomenclatura, proprietà fisiche e struttura elettronica. Reazioni fondamentali (Idrogenazione, alcheni per disidratazione da alcoli, addizione ionica e radicalica di acidi alogenidrici, regola di Markovnikov, alogenazione, polimerizzazione). *Alchini:* Nomenclatura, proprietà e struttura elettronica. *Sistemi insaturi coniugati:* Radicale allilico. Addizione 1,2 e 1,4 a 1,3-butadiene, controllo termodinamico e cinetico. *Composti aromatici:* Benzene (struttura e stabilità, energia di risonanza). Reazioni di sostituzione elettrofila aromatica (nitrazione, alogenazione, alchilazione, acilazione). Effetto dei sostituenti: coniugativo e induttivo. Sostituenti attivanti e disattivanti. Orientazione. *Areni:* Reazioni in catena laterale. *Alogenuri alchilici:* Reazioni S_N1 e S_N2. *Composti organo-metallici:* Reagenti di Grignard. *Alcoli, eteri e fenoli:* Nomenclatura e proprietà. Acidità e basicità. *Aldeidi e chetoni:* Nomenclatura e proprietà. Ione enolato. Tautomeria. Condensazione aldolica. Emiacetali e acetali. *Acidi carbossilici e loro derivati:* Nomenclatura e proprietà. Reattività (Esterificazione, idrolisi basica degli esteri). Lattoni e lattami. *Ammine:* Nomenclatura e proprietà. *Carboidrati:* Monosaccaridi. Nomenclatura e rappresentazione. D-(+)-glucosio e D-(+)-fruttosio. Anomeri. Glicosidi. Mutarotazione. Zuccheri riducenti e non-riducenti. Disaccaridi (saccarosio, maltosio, lattosio). Polisaccaridi (amido e cellulosa). *Aminoacidi e proteine:* Struttura. Sintesi e analisi. Legame peptidico. Struttura primaria, secondaria, terziaria e quaternaria delle proteine. *Lipidi:* Acidi grassi. Fosfolipidi. Cere. Steroidi. *Acidi nucleici.*

Testi consigliatiR.J. FESSENDEN, J.S. FESSENDEN, *Chimica Organica*, Ed. Piccin, Padova.T.W. SOLOMON, *Chimica Organica*, Ed. Grasso, Bologna.R.T. MORRISON, R.N. BOYD, *Chimica Organica*, Ed. Ambrosiana, Milano.

CITOLOGIA ED ISTOLOGIA**Docente: Carlo Taddei****CONSERVAZIONE DELLA NATURA E DELLE SUE RISORSE****Docente: Anna Letizia Zanotti****Tipo:** 70 ore di lezione, intensivo, primo semestre, 4° anno**Crediti:** 8**Esame:** orale

Scopo del corso: fornire gli strumenti conoscitivi per affrontare in modo consapevole e razionale il grande problema della conservazione della natura e della qualità dell'ambiente in cui viviamo.

Contenuto del corso:

Generalità sulla conservazione e sulle risorse; risorse e sviluppo sostenibile; la biodiversità; la teoria delle isole e sue applicazioni alla conservazione; estinzioni; le specie rare; la classificazione IUCN; conservazione in situ ed ex situ e reintroduzioni; conservazione degli habitat e delle biocenosi; storia della conservazione; conferenze, convenzioni e organismi internazionali; i libri rossi; le direttive della Comunità Europea; la legislazione per la tutela dell'ambiente. Parchi e riserve; classificazione, organizzazione, zonazione; i parchi nazionali italiani; la rete delle aree protette in Emilia-Romagna. Cambiamenti globali e inquinamento atmosferico; ecosistemi forestali: deforestazione, deperimento, incendi; agroecosistemi: agricoltura convenzionale, biologica e integrata; degrado del suolo e desertificazione; ecosistemi urbani e tecnologici; ecosistemi acquatici e inquinamento. Valutazione di impatto ambientale; riqualificazione e recupero ambientale.

Testi consigliatiA. FANFANI, 1997, *Principi di conservazione della natura*, CESIR. MARCHETTI, 1993, *Ecologia applicata*, Città studi, Milano.**CORSO INTRODUTTIVO DI SCIENZE BIOLOGICHE****Docente: Giovanna Puppi****Tipo:** 60 ore di lezione, intensivo, 1° semestre 1° anno**Crediti:** 0**Esame:** solo attestazione di frequenza

Scopo del corso: Agevolare un più immediato inserimento dello studente nel piano di studi e fornire un quadro organico che gli faccia comprendere i rapporti tra le varie discipline delle Scienze Biologiche.

Contenuto del corso:

La cellula procariote: organizzazione generale. La cellula eucariote: caratteristiche e differenze rispetto alla procariote. Origine della cellula. Limiti di osservazione con i vari strumenti ottici; le dimensioni delle strutture biologiche.

Il nucleo; DNA-RNA-Proteine. Trascrizione e traduzione del messaggio genetico. Struttura e funzione delle proteine. Struttura dei glucidi; loro funzione e metabolismo. Struttura e funzioni dei lipidi; i fosfolipidi. Struttura della membrana plasmatica: il mosaico fluido.

Visualizzazione delle citomembrane al M.E.; sezioni ultrasottili e tecnica del freeze-etching. Il glicocalice: struttura e funzione; trasporto attraverso la membrana; endocitosi ed esocitosi. Modificazioni strutturali della superficie cellulare. Le giunzioni intercellulari. Peculiarità delle cellule eucariotiche vegetali; la parete cellulare: sue caratteristiche e funzioni. Il vacuolo. La sostanza fondamentale del citoplasma. Strutture citoscheletriche e filamenti intermedi; i microfilamenti. Organizzazione dei microtubuli nel citoplasma. Struttura e funzione dell'assonema in ciglia e flagelli.

I ribosomi come base strutturale della sintesi proteica. Il reticolo endoplasmico ruvido; struttura e funzioni. L'apparato di Golgi nella formazione dei granuli di secreto e dei lisosomi. Metabolismo cellulare e cinetica enzimatica. Mitochondri: struttura, funzioni ed origine nell'ambito della teoria simbiotica della cellula. I plastidi; i cloroplasti: struttura funzione ed origine. Il contenuto del nucleo eucariotico; nucleolo, fibrille nucleostioniche e cromosomi. Mitosi: aspetti dinamici e significato, illustrati anche con audiovisivi. Meiosi: aspetti dinamici delle varie fasi significato per la ricostituzione del numero cromosomico e la diversificazione genetica della discendenza; commenti a filmati sull'argomento. Gametogenesi e fecondazione nelle piante. La riproduzione agamica negli animali; conseguenze sulla variabilità. La riproduzione sessuale negli animali. Gametogenesi negli animali; spermiogenesi e ovogenesi. Fecondazione: aspetti generali dell'interazione spermatozoo-uovo. Modalità della riproduzione sessuale negli animali: fecondazione esterna ed interna; oviparità, ovoviviparità, viviparità.

Generalità sullo sviluppo embrionale; la segmentazione. Gastrulazione e neurulazione. Significato e modalità in anfiostomi, anfibi e uccelli. Il differenziamento cellulare; modificazioni strutturali e funzionali in diversi tipi cellulari. Correlazione struttura-funzione; l'omeostasi. Ciclo vitale di una pianta gametofito e sporofito; formazione dell'embrione.

Il regno animale. Parazoi ed Eumetazoi; radiati e bilaterii. Botanica sistematica: ruolo, significato, storia, le chiavi analitiche ed i sistemi di classificazione; la tassonomia vegetale moderna: la tassonomia numerica.

Genetica: variabilità biologica; concetto di fenotipo comune e raro. Distribuzione casuale di due eventi alternativi e loro combinazioni in relazione agli incroci genetici. Il fattore ereditario è la combinazione casuale di eventi alternativi. Le leggi di Mendel. Analisi della variabilità continua; estensione delle leggi di Mendel a più fattori. Verifica sperimentale della bontà delle leggi di Mendel per caratteri a variazione continua.

Evoluzione: aspetti generali del passaggio dal fissismo all'evoluzionismo. Componente ambientale ed ereditaria della variabilità naturale; la selezione. Principali assunti del lamarckismo e del darwinismo. La teoria sintetica dell'evoluzione. Il concetto di speciazione e vari tipi di modalità selettive. Aspetti generali dell'evoluzione vegetale.

L'ecologia come disciplina autoecologica e sinecologica. I principali ambienti della biosfera. Concetto di plancton, necton, benthos, periphyton, seston. Gli ecosistemi. Struttura trofica degli ecosistemi; produzione e decomposizione. Omeostasi degli ecosistemi. Catene e reti alimentari. Metodi di determinazione dei regimi alimentari. Il plancton ed il mare aperto; determinazione della biomassa zooplanctonica. Flusso energetico attraverso l'ecosistema; concetto di produttività lorda e netta; assimilazione. La produttività nei diversi ecosistemi. La foresta pluviale tropicale come esempio di bioma estremamente diversificato. I deserti freddi. Piramidi ecologiche: di numero, di biomassa, energetiche.

Cicli biogeochimici di tipo gassoso e sedimentario. Le forme biologiche di Rounkiaer e loro distribuzione in rapporto al clima. Le formazioni vegetali della terra ed i relativi climogrammi.

Esercitazioni:

- Visita al museo di Anatomia comparata.
- Visita al museo di Zoologia.
- Esercitazione di Genetica su mutanti di *Drosophila* e cromosomi politenici.
- Esercitazione sull'attività di un enzima.
- Visita all'Orto Botanico.

Testi consigliati

CURTIS & BARNES, *Invito alla Biologia* (3° edizione italiana), Zanichelli.

CORSO INTRODUTTIVO INTEGRATO DI SCIENZE DELLA TERRA

Docente: Gabriele Giorgi

Tipo: 60 ore di lezione, intensivo, 1° semestre, 1° anno

Crediti: 0

Esame: solo attestazione di frequenza

Scopo del corso: Agevolare un più immediato inserimento dello studente nel piano di studi e fornire un quadro organico che gli faccia comprendere i rapporti tra le varie discipline delle Scienze della Terra.

Contenuto del corso: Minerali e processi minerogenetici: concetto di minerale e roccia, stato solido amorfo e cristallino. Rocce e processi petrogenetici: rocce e loro classificazione; il processo magmatico, formazione, risalita e solidificazione dei magmi, edifici vulcanici e corpi ipoabissali; processi sedimentario e metamorfico. Formazione primaria della Terra: costituzione della Terra, formazione della crosta terrestre e sua

evoluzione archeana e proterozoica (fino a 600 milioni di anni fa). Fossili e stratigrafia: evoluzione del pensiero in paleontologia; fossili e processi di fossilizzazione; successioni di strati sedimentari e successioni stratigrafiche, unità litostratigrafiche, biostratigrafiche, cronostratigrafiche e magnetostratigrafiche; ruolo dei fossili nella stratigrafia. Geologia dinamica: evoluzione del pensiero geologico; comportamento meccanico delle rocce alle deformazioni; le associazioni tettoniche, faglie, pieghe, associazioni distensive, compressive e trascorrenti; coltri di ricoprimento; modelli crostali e litosferici; astenosfera e sua estensione; ipotesi sul regime termico del pianeta; il moto delle placche litosferiche; cenni sulla tettonica a placche. Storia della Terra: i grandi eventi geologici che hanno condizionato la vita sulla Terra e cenni di paleogeografia; le glaciazioni; successione nei tempi geologici delle flore e delle faune. Processi morfogenetici: breve introduzione alla geomorfologia; forme endogene ed esogene ed i grandi lineamenti della superficie terrestre; l'eredità del Quaternario ed il ruolo del clima; effetti provocati dall'attività umana. La rappresentazione del rilievo terrestre.

Testi consigliati

F. PRESS e R. SIEVER, *Introduzione alle Scienze della Terra*, Zanichelli, Bologna.

B. ACCORDI, E. LUPIA PALMIERI e M. PAROTTO, *Il globo terrestre e la sua evoluzione*, Zanichelli, Bologna.

A. BOSELLINI, *Le Scienze della Terra*, Ed. Bovolenta, Ferrara.

DIDATTICA DELLE SCIENZE NATURALI

Docente: Stefano Tommasini

Tipo: 60 ore di lezione, I semestre, 4° anno

Crediti: 8

Esame: orale/pratico

Scopo del corso: Fornire gli elementi teorico-pratici per la corretta impostazione didattica dell'insegnamento delle Scienze Naturali a livello pre-universitario: rivedendo selettivamente le conoscenze acquisite nei corsi universitari al fine di operare in questo ambito una scelta conforme alla preparazione degli studenti medi e corredando la trattazione teorica dei singoli argomenti con proposte di utilizzo di materiale didattico e di scelta bibliografica.

Contenuto del corso: Il corso, partendo dall'esame critico dei programmi ministeriali, fornisce nozioni di didattica e metodologia specifica, illustra l'impiego di strumentazioni e audiovisivi come ausilio alla trattazione teorica dei principali temi naturalistico-biologici e propone materiali e tecniche per la preparazione di esperienze adeguate. Vengono proposti temi di esercitazioni pratiche in forma di lezione, preparate e tenute dai singoli studenti nella massima autonomia, cui fa seguito, come parte integrante del corso, la discussione collettiva sulla validità delle scelte didattiche e sulle modalità di

esecuzione.

Testi consigliati

G. PRIMAVERA, *Didattica e metodologia delle Scienze Naturali*, B. Mondadori, Farigliano (CN).

O.P. SPANDL, *Didattica della Biologia*, La Scuola, Brescia.

A. CAVADI GERARDINI, *Didattica delle Scienze Chimiche, Fisiche e Naturali*, La Scuola, Brescia.

ECOLOGIA

Docente: Corrado Piccinetti

Tipo: 70 ore di lezione, corso annuale

Crediti: 8

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire gli elementi conoscitivi delle principali componenti ambientali e biologiche e delle interrelazioni esistenti. Illustrare alcune problematiche di ecologia applicata.

Contenuto del corso: Ecosistema e sue componenti. Componenti abiotici dell'ecosistema: temperatura, illuminazione, suolo, atmosfera, acqua, pressione, clima. Fattori limitanti. Cicli del carbonio, ossigeno, azoto, fosforo. Catene alimentari. Livelli trofici. Ecosistemi acquatici. Mare: plancton, benthos, necton. Acque correnti e stagnanti. Ecosistemi terrestri. Successioni di comunità. Indici di diversità. Caratteristiche e dinamica delle popolazioni: dispersione, densità, metodi di campionamento, metodi di studio, natalità, mortalità, accrescimento, classi di età; poligoni di frequenza, determinazione dell'età, fluttuazioni delle popolazioni. Conseguenze dell'attività umana sull'ambiente naturale. Inquinamento dell'atmosfera, inquinamento del suolo, inquinamento delle acque. Eutrofizzazione dell'Adriatico. Rifiuti solidi urbani. Scarichi urbani, impianti di depurazione civile. Scarichi industriali, impianti di depurazione industriali. Problema energetico. Antiparassitari e lotta biologica. Cenni di legislazione italiana per la tutela dell'ambiente.

Testi consigliati

E.P. ODUM, *Principi di ecologia*, Piccin, Padova, 1973.

R.E. SCOSSIROLI, *Elementi di ecologia*, Zanichelli, Bologna, 1976.

J.L. CHAPMANN, M.J. REISS, *Ecologia (principi e applicazioni)*, Zanichelli, 1994.

G.T. MILLER, *Ambiente, risorse, sostenibilità*, Piccin, Padova, 1997.

ECOLOGIA UMANA**Docente: Davide Pettener****Tipo:** 60 ore di lezione, annuale, opzionale**Crediti:** 6**Esame:** orale

Scopo del corso: L'ecologia umana studia le complesse interazioni tra le popolazioni umane, organizzate in comunità, ed i fattori abiotici, biotici e culturali del loro ambiente di vita, sia in relazione ai fenomeni di adattamento all'ambiente che per una corretta gestione degli ecosistemi umani.

Contenuto del corso:

Evoluzione del rapporto uomo-ambiente: Ambiente naturale ed ambiente umano. Gli ecosistemi umani. Flussi di energia, catene alimentari e capacità portante in ecosistemi umani. Cambiamenti climatici e ambientali nella storia evolutiva umana. Il popolamento umano: origini e diffusioni. I cacciatori-raccoglitori. La transizione neolitica. La domesticazione delle piante e le origini dell'agricoltura. La domesticazione degli animali. Economia di produzione delle risorse alimentari.

Adattabilità umana: Nicchie ecologiche e adattamento biologico. Stress ambientali, omeostasi e adattabilità umana. Acclimatazione fisiologica. Acclimatazione durante lo sviluppo. Adattamento genetico. Adattamento culturale e interazioni bioculturali. Clima e variazioni di caratteri morfometrici. La variabilità dei caratteri fisiologici. Significato adattativo di polimorfismi genetici. Climi e biomi. Adattabilità umana agli ambienti climatici. Adattamenti biologici e culturali in ambienti estremi: la savana, le aree desertiche, la foresta equatoriale, le aree circumpolari, le elevate altitudini.

Ambiente e dinamica di popolazioni umane. Struttura, accrescimento e regolazione delle popolazioni umane. Le misure dell'incremento demografico. La transizione demografica. Popolazione, nutrizione e ambiente alimentare. Risorse e popolazione. Ambiente e malattie: aspetti ecologici.

Uomo e ambiente: situazione e prospettive. Dall'ambiente naturale all'ambiente umano. Origine dell'urbanizzazione. La città come sistema ecologico. Ripercussioni demografiche e biologiche dell'urbanizzazione. Problemi di tutela e conservazione dell'ambiente. La valutazione di impatto ambientale. La transizione ecologica.

Testi consigliatiM. CRESTA, *Ecologia Umana*, ISEDI, Roma, 1987G.T. MILLER, *Ambiente, risorse, sostenibilità*, Piccin, Padova, 1997L.R. BROWN, *State of the world* (ultima ed.) ISEDIA.R. FRISANCHO, *Human adaptation and accomodation*, The University of Michigan Press, 1993

ENTOMOLOGIA**Docente:** Mario Marini**Tipo:** complementare; annuale estensivo**Crediti:** 6**Esame:** orale, con riconoscimento preparati micro- e macroscopici

Scopo del corso: La conoscenza degli insetti con particolare attenzione alla entomofauna italiana.

Contenuto del corso: Morfologia esterna, anatomia e fisiologia degli apparati e dei sistemi degli Esapodi; tassonomia, eco-etologia e filogenesi dei principali gruppi di Esapodi, con particolare rilievo agli ordini e famiglie degli Insetti.

Testi consigliatiG. GRANDI, *Istituzioni di Entomologia generale*, Ed. Calderini.M. CHINERY, *Insects of Britain and Western Europe*, Ed. Collins.**FISICA****Docente:** Marco Cuffiani**Tipo:** 90 ore di lezione, 20 ore di laboratorio, corso annuale fondamentale, I anno**Crediti:** 11**Esame:** prova pratica di laboratorio con elaborato scritto, seguita da prova orale (la prova di laboratorio è valida solo per l'appello in cui è stata effettuata)

Scopo del corso: Fornire i principi fondamentali di fisica classica, con cenni di relatività e di meccanica quantistica, necessari per la comprensione delle applicazioni della fisica negli altri corsi. Fornire le basi metodologiche ed il senso concreto della sperimentazione mediante esercitazioni di laboratorio.

Contenuto del corso: Metodo sperimentale. Cinematica del punto. Composizione dei movimenti. Statica. Campi di forze. Energia posizionale. I tre principi della dinamica. Teoremi dell'impulso e dell'energia cinetica. Teoremi della conservazione dell'energia e della quantità di moto. Leggi di Keplero e gravitazione universale. Legge di Hooke. Statica dei fluidi. Dinamica dei liquidi. Viscosità. Cenni di teoria cinetica dei gas. Termologia. Equazione di stato dei gas perfetti. Forze molecolari ed equazione di van der Waals. I tre principi della termodinamica. Onde elastiche. Principio di Huygens. Sistemi ottici centrati. Interferenza, diffrazione, polarizzazione. Elettrologia. Teorema di Gauss. Capacità. Generatori elettrostatici. Leggi di Ohm e di Faraday. Effetti termoelettrico e fotoelettrico. Legge di Laplace. Forza di Lorentz. Azioni elettrodinamiche. Induzione elettromagnetica. Autoinduzione. Equazioni di Maxwell. Raggi X. Modello atomico di Bohr. Radioattività

naturale ed artificiale.

Esercitazioni. Equazioni dimensionali. Errori. Elaborazione dati sperimentali. Misure di lunghezze, tempi, masse, densità e viscosità. Misura di momenti d'inerzia e di costanti elastiche. Misura di calori specifici. Galvanometro. Misure di capacità elettrica. Contatore Geiger-Mueller. Misure di distanze focali. Microscopio ottico. Reticolo di diffrazione e misure di lunghezze d'onda.

Testi consigliati

M. AGENO, *Elementi di Fisica*, Boringhieri.

U. VALDRÉ, *Misure e complementi di Fisica*, Ponte Nuovo, Bologna.

FISIOLOGIA COMPARATA

Docente: Marina Orlandi

Tipo: 60 ore di lezione, 2° semestre, 4° anno

Crediti: 6

Esame: orale

Scopo del corso: Affrontare argomenti della Fisiologia animale in cui i vertebrati delle varie classi presentano aspetti peculiari rispetto all'uomo.

Contenuto del corso: La respirazione. Respirazione in acqua e in aria. Branchie e polmoni. Pesci a respirazione aerea, pesci polmonati. Tartarughe a respirazione acquatica. Respirazione negli uccelli. Fonazione e canto. Respirazione nelle uova. Fisiologia comparata del controllo della respirazione. La digestione. Digestione delle cere, della cellulosa e della chitina. Ruminazione. Coprofagia. Argomenti di endocrinologia. Il sistema neurosecretorio caudale. I corpuscoli di Stannio. I corpi ultimobranchiali e le cellule C della tiroide. L'apparato iuxta-glomerulare. L'epifisi. Fisiologia comparata degli organi di senso. La chemocezione: il gusto e l'olfatto. L'organo di Jacobson. L'udito e la ecoricognizione. La visione. La termocezione. La percezione delle radiazioni infrarosse. Elettricità animale Capacità di produzione e di reazione delle scariche elettriche: organi elettrici ed elettrorecettori. La sensibilità elettromagnetica. Ectotermia ed endotermia. Termoregolazione ed adattamento alle condizioni di temperatura estreme.

Testi consigliati

SCHMIDT, NIELSEN, *Fisiologia animale*, ed. Piccin.

M. GORDON, *Fisiologia animale*, ed. Piccin.

F.H. POUGH et al., *Biologia evolutiva e comparata dei vertebrati*, ed. Casa Editrice Ambrosiana.

FISIOLOGIA GENERALE**Docente: Alessandro Poli****Tipo:** 90 ore di lezione, 1° semestre, 4° anno**Crediti:** 11**Esame:** orale

Scopo del corso: Il corso si propone di fornire i principi generali che sono alla base delle funzioni degli organismi viventi, con particolare riguardo verso i meccanismi di regolazione delle funzioni dei singoli apparati e la loro integrazione per il funzionamento dell'intero organismo.

Contenuto del corso: Organizzazione funzionale dei costituenti cellulari. Sostanze nutritive e produzione di energia. Proprietà colligative. La membrana cellulare. Recettori e secondi messaggeri. Diffusione passiva. Diffusione facilitata. Trasporto attivo primario e secondario. Canali ionici. Permeabilità e potenziale di membrana. Equilibrio di Gibbs-Donnan. Pompe ioniche. Genesi del potenziale d'azione e sua propagazione. La sinapsi e il trasferimento dell'informazione. Recettori e neurotrasmettitori. Recettori sensoriali. Meccanismi riflessi. Sistema nervoso autonomo. Struttura della cellula muscolare striata. Basi molecolari della contrazione muscolare. Accoppiamento eccitazione contrazione. Muscoli rapidi e muscoli lenti. Caratteristiche morfo-funzionali del muscolo liscio. Struttura del muscolo cardiaco. Eccitabilità e contrattilità. La gettata cardiaca. Regolazione intrinseca ed estrinseca dell'attività cardiaca. Composizione del plasma sanguigno. Sistemi tampone e regolazione dell'equilibrio acido-base. Globuli rossi, globuli bianchi e piastrine. Aggregazione piastrinica e coagulazione. Gruppi sanguigni. Principi di emodinamica. Circolo sistemico e pressione arteriosa. Scambi a livello capillare. Controllo nervoso, ormonale e locale della pressione arteriosa. Meccanica respiratoria. Depressione intratoracica. Compliance. Respirazione in atmosfera modificata. Trasporto dei gas respiratori nel sangue. Curve di dissociazione dell'emoglobina. Il nefrone. Filtrazione glomerulare, riassorbimento e secrezione tubulare. Meccanismo di concentrazione dell'urina. Controllo dell'equilibrio acido-base. Funzione endocrina del rene. Masticazione e secrezione salivare. La digestione nello stomaco: secrezione, motilità, controllo nervoso ed umorale. Digestione intestinale: movimenti, secrezione e regolazione. Assorbimento intestinale. Le funzioni del fegato. Ipofisi. Paratiroidi. Tiroide. Pancreas endocrino. Ghiandole surrenali. Gonadi. Asse ipotalamo-ipofisario e regolazione della secrezione ormonale.

Testi consigliati

CASELLA e TAGLIETTI, *Principi di fisiologia* (Volume I), Casa editrice La Goliardica pavese, 1993.

N. BERNE e N. LEVY, *Fisiologia*, Casa editrice Ambrosiana, 1995.

FISIOLOGIA VEGETALE**Docente: Paolo Trost****Tipo:** caratterizzante dell'indirizzo generale-didattico, 52 ore, IV anno**Crediti:** 11**Esame:** prove orali con circa sei appelli all'anno

Scopo del corso: Viene dato un quadro aggiornato della Fisiologia Vegetale dal livello molecolare a quello ecofisiologico. Viene posto l'accento sulle piante superiori anche per la loro importanza nell'ambiente, nell'alimentazione e nelle applicazioni biotecnologiche.

Contenuto del corso: *Funzioni ioniche e di trasporto.* Apoplasto e simplasto. Composizione ionica delle cellule. Equilibri e squilibri ionici e protonici. Trasportatori del plasmalemma e del tonoplasto. Elettropotenziali. Trasporto a livello cellulare. Nutrizione minerale. Assorbimento radicale. Traspirazione. Circolazione dell'acqua nella pianta.

Fotosintesi. Genoma plastidiale. Struttura e funzione delle membrane tilacoidali. Differenziamento dei cloroplasti. Luce e pigmenti. Trasporto fotosintetico degli elettroni e fotofosforilazione. Organizzazione del carbonio e sua regolazione. Amido, saccarosio e polialcoli. Partizione degli assimilati. Fotorespirazione. Sistemi ad alta efficienza (C₄, CAM). Fattori ambientali e fotosintesi. Regolazione stomatica. Fotoinibizione.

Metabolismo. Assorbimento e organizzazione dell'azoto. La glicolisi nelle piante. Mitochondri vegetali, Respirazione. Fermentazioni. Lipidi e ciclo del gliossilato. Proteine di riserva. Composti aromatici e metabolismi connessi.

Crescita e differenziamento. Azione biologica dei principali ormoni. Fotomorfogenesi e fotorecettori (fitocromi e criptocromi). Fotoperiodismo. Seme e germinazione. Interazioni delle piante con microrganismi. Tumori. Piante transgeniche.

Testi consigliati

A. ALPI, P. BONFANTE, G. CASADORO, I. CORAGGIO, R. LIGRONE, P. MARIANI, N. RASCIO, E. SPARVOLI, A. VITALE, *Biologia della cellula vegetale*, UTET.

A. ALPI, P. PUPILLO, C. RIGANO, *Fisiologia delle piante*, Edises.

L. TAIZ, E. ZEIGER, *Fisiologia vegetale*, Piccin.

M.J. CHRISPEELS, D.E. SADAVA, *Biologia vegetale applicata*, Piccin.

GENETICA**Docente: Sandro Cavicchi****Tipo:** 80 ore di lezione, 2° semestre, 1° anno**Crediti:** 10**Esame:** scritto e orale

Scopo del corso: Dare gli strumenti di base necessari per la scomposizione della variabilità biologica distinguendo tra contributo del genotipo e dell'ambiente nella determinazione di un fenotipo. Fornire le basi metodologiche per lo studio dell'evoluzione biologica.

Contenuto del corso: Teorie sull'eredità e mendelismo. Geni e cromosomi: basi cromosomiche dell'eredità. Associazione e ricombinazione tra geni. La natura del materiale genetico. La genetica dei batteri e dei loro virus. La struttura fine del gene. Codice genetico, replicazione, trascrizione e traduzione dell'informazione genetica. La genetica dei caratteri quantitativi. Evoluzione del materiale genetico: mutazioni geniche cromosomiche e genomiche. La struttura genetica delle popolazioni. I meccanismi dell'evoluzione. La selezione naturale. Incrocio, coadattamento e differenziazione geografica. Speciazione e macroevoluzione.

Testi consigliati

F. J. AYALA, *Genetica Moderna*, Zanichelli, Bologna.

P. J. RUSSEL, *Genetica*, EdiSES, Napoli.

GENETICA DELLE POPOLAZIONI

Docente: Enrico Silveti

GEOBOTANICA

Docente: Davide Ubaldi

Tipo: 70 ore di lezione

Crediti: 8

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire una preparazione di base su principi, definizioni, nomenclatura, risultati e metodi di ricerca nel campo degli studi floristici e vegetazionali. Il corso è particolarmente indicato per gli studenti dell'indirizzo Conservazione della natura, sia per la preparazione della tesi di laurea sia per la loro futura attività post-laurea.

Contenuto del corso: Fitogeografia formazionale: clima e formazioni vegetali, metodo di costruzione dei climogrammi e di determinazione delle formazioni. Forme biologiche e convergenze morfologiche in ordine al clima. Fitogeografia corologica: areale di una specie e modelli di distribuzione geografica, ricerche ed elaborazioni floristiche. Ecologia vegetale: suolo, microclima, fattori ecologici e categorie di piante per

i principali fattori, determinazione di profili e gruppi ecologici, fitocenosi e loro caratteristiche strutturali e funzionali. Fitosociologia: classificazione numerica, determinazione di parametri strutturali (spettro biologico, diversità specifica ecc.), ecologia, fenologia e dinamica delle comunità vegetali, studio dei popolamenti di macrofunghi. Ecologia del paesaggio: carte della vegetazione e determinazione dei sistemi territoriali fondati sulla vegetazione e sul clima.

Testi consigliati

D. UBALDI, *Geobotanica e Fitosociologia*, Clueb, Bologna.

S. PIGNATTI, *Ecologia vegetale*, Utet, Torino.

GEOGRAFIA

Docente: Ernesto Rabbi

Tipo: 80 ore di lezione, annuale, 2° anno

Crediti: 8

Esame: orale

Contenuto del corso: Introduzione allo studio della Geografia.

Parte 1°. Geografia astronomica. Origine dell'Universo. Teorie cosmologiche. Evoluzione dell'Universo. Galassie (ammassi e superammassi). Concetti elementari di astrofisica. Origine del sole e del sistema solare. La Terra nel sistema solare. Le atmosfere dei pianeti (e dei principali satelliti) del sistema solare. Orientamento e misura del tempo.

Parte 2°. Meteorologia e climatologia. Le previsioni del tempo. Tempo atmosferico e clima. La struttura verticale dell'atmosfera. I fattori del clima. La radiazione solare. La temperatura dell'aria. La pressione atmosferica. Il vento. L'umidità dell'aria e le precipitazioni. Masse d'aria. Fronti. La circolazione generale dell'atmosfera. Climi e la loro classificazione. Le variazioni del clima nel tempo.

Parte 3°. Oceanografia fisica e chimica. Gli oceani inquadrati nella struttura terrestre. Il moto ondoso. Correnti e maree. Clorinità e salinità. Densità. Proprietà termiche delle acque marine. Trasmissione del suono. Assorbimento delle radiazioni. Diagrammi T-S. Evaporazione. Dinamica delle masse oceaniche. Composizione delle acque marine. I gas disciolti nelle acque marine. Il sistema CO₂ - H₂O. Solubilità dei sali nelle acque marine. Potenziale Redox. Metodologie d'indagine in oceanografia fisica e chimica.

Parte 4°. Idrologia superficiale e sotterranea. Ciclo dell'acqua. Regimi fluviali. Falde idriche sotterranee. Elementi di idrochimica. Cartografia. Le carte geografiche. Le proiezioni geografiche. Scala e classificazione delle carte. Lettura ed uso delle carte geografiche. Elementi di biogeografia.

Testi consigliati

RICCI LUCCHI L. *La Scienza di Gaia. Ambiente e sistemi naturali visti da un geologo*. Zanichelli, Bologna

CIABATTIM. *Elementi di idrologia superficiale*. CLUEB, Bologna

MOSETTI F. *Il volto degli oceani*. Mondadori, Milano

PINNA M. *Climatologia*. UTET, Torino

STRAHLER M.A. *Geografia Fisica*. Piccin, Padova

GEOGRAFIA FISICA

Docente: Mario Ciabatti

Tipo: 60 ore di lezione con esercitazioni, estensivo, 3° anno degli orientamenti generale e didattico

Crediti: 8

Esame: orale e prova pratica.

Scopo del corso: Fornire le necessarie conoscenze per potere descrivere ed interpretare le forme del rilievo terrestre (aree continentali e piattaforme marine) e risalire ai processi geodinamici che le hanno prodotte.

Contenuto del corso: Definizione, scopi e metodi di studio della Geografia fisica. Processi geodinamici. Degradazione meteorica (fisica e chimica) delle rocce e suoi effetti morfologici. I suoli: costituzione, processi pedogenetici, caratteri fisici e chimici, classificazione. I paleosuoli. Modellamento dei versanti: erosione idrometeorica e movimenti franosi; forma dei versanti e loro evoluzione. Ciclo dell'acqua e bilancio idrologico. Bacini, caratteri idraulici ed idrologici delle correnti fluviali. Morfologia fluviale: processi di erosione, trasporto e sedimentazione dei fiumi; concetto di equilibrio; andamento planimetrico dei corsi d'acqua; terrazzi fluviali. Paleosuperfici d'erosione. Morfologia glaciale e periglaciale. Le glaciazioni del Quaternario. Glacioisostasia. L'ambiente glaciale e di tundra. Morfologia eolica: processi di deflazione, corrosione e sedimentazione da parte del vento; l'ambiente desertico. Morfologia costiera: dinamica marina e morfogenesi delle coste; i delta e gli estuari. Il problema dell'erosione delle spiagge. Cenni di geomorfologia sottomarina. Rappresentazione del rilievo terrestre: carte tematiche e ambientali. Geomorfologia applicata e programmazione territoriale. Effetti morfologici e squilibri morfodinamici legati all'attività umana.

Testi consigliati

M. PANIZZA, *Geomorfologia*, Pitagora, Bologna.

M. CIABATTI, *Elementi di Idrologia superficiale*, CLUEB, Bologna.

MARINELLI, *Atlante dei tipi geografici*.

GEOLOGIA

Docente: Alberto Castellarin

Tipo: 70 ore di lezione e 20 di esercitazioni pratiche; corso annuale, 3° Anno

Crediti: 10 (con laboratorio di litologia)

Esame: orale, con prova pratica di riconoscimento rocce

Scopo del corso: Fornire le conoscenze più moderne dei processi geologici che hanno portato alla formazione della crosta e della litosfera terrestri e del loro assetto strutturale attuale.

Contenuto del corso:

- *Il pianeta Terra nel sistema solare:* struttura e composizione dell'interno terrestre, confronto con gli altri pianeti.
- *Geocronologia isotopica:* principi per la determinazione radiometrica dell'età delle rocce; età del pianeta.
- *Geologia stratigrafica:* unità e correlazioni stratigrafiche; cicli sedimentari e loro significato; stratigrafia magnetica; cenni di stratigrafia del Quaternario: le oscillazioni climatiche e le glaciazioni pleistoceniche, loro sviluppo, possibili cause.
- *Processo magmatico:* cenni di petrografia delle rocce magmatiche, plutonismo, vulcanismo; origine dei magmi.
- *Processo sedimentario:* elementi di sedimentologia utili per la classificazione dei sedimenti e delle rocce sedimentarie; facies e associazioni di facies litologiche come strumento di analisi per le ricostruzioni dei paleoambienti.
- *Processo metamorfico:* cenni di petrografia delle rocce metamorfiche; tipi di metamorfismo e associazioni litologiche corrispondenti.
- *Geologia strutturale:* comportamento meccanico delle rocce alla deformazione; deformazioni di tipo fragile e duttile; geometria e meccanica delle deformazioni: faglie, pieghe e loro associazioni (sistemi distensivi, compressivi e trascorrenti); tettonica diapirica e pseudo-diapirica; la tettonica faldistica di ARGAND; meccanica dei ricoprimenti.
- *Geofisica:* gravità e anomalia gravimetrica, suo significato geologico; gravità isostatica e anomalia isostatica; paleomagnetismo, inversioni magnetiche e flusso di calore; onde sismiche e terremoti; sismicità italiana.
- *Geologia delle zone oceaniche:* espansione dei fondi oceanici, margini continentali attivi, passivi e trasformati; zone di subduzione oceanica; archi insulari e bacini marginali; modelli crostali, litosferici e mantellici.
- *Catene e orogenesi* modelli per l'interpretazione dei differenti tipi di catene recenti nel quadro della tettonica a zolle, problemi aperti.
- *Geologia regionale:* assetto tettonico delle Alpi e degli Appennini, loro sviluppo cinematico-strutturale durante gli eventi alpini nel quadro della evoluzione del Mediterraneo occidentale.

Testi consigliati

A. BOSELLINI, *Le Scienze della Terra*, Bovolenta, 1984.

L. TREVISAN & G. GIGLIA, *Introduzione alla geologia*, Pacini, Pisa, 1977.

P. KEAREY & F. VINE, *Tettonica globale*, Zanichelli, Bologna, 1994.

AUTORI VARI, *Le Scienze*. I Quaderni: n. 4, I vulcani; n. 13, La formazione delle montagne; n. 24, I terremoti; n. 59, Il rischio sismico; n. 47, Il pianeta Terra; n. 37, L'evoluzione; n. 54, Il clima mondiale; n. 68, Estinzione e sopravvivenza; Ambiente Terra (1 993).

GEOLOGIA AMBIENTALE

Docente: Gabriele Giorgi

Tipo: 90 ore di lezione, 2° semestre, 4° anno

Crediti: 11

Esame: orale

Scopo del corso: La geologia ambientale si occupa delle problematiche relative ai rapporti fra l'ambiente geologico e le attività umane, con particolare riguardo ai temi seguenti. Individuazione e difesa dai rischi naturali (geomorfologico, idrogeologico, sismico, vulcanico ecc.), determinando le aree soggette a pericolosità in base alle cause, ai meccanismi, ai tempi di ritorno e all'intensità dei fenomeni, e suggerendo eventuali azioni di mitigazione. Valutazione e gestione delle risorse geologiche rinnovabili e non. Studio degli impatti dell'attività dell'uomo, con particolare riferimento alle modificazioni sui processi naturali. Cenni sul telerilevamento e sulle rappresentazioni geografiche automatizzate.

Contenuto del corso: Concetti di base per la conoscenza e lo studio della Geologia Ambientale - Definizione - Concetti fondamentali. Rischi Geologici - Concetto di rischio - Vulnerabilità - Pericolosità - Rischio idraulico - Alluvioni - Frane e fenomeni correlati - Classificazione delle frane - Cause delle frane - Segni premonitori e sorveglianza dei movimenti franosi - Prevenzione e difesa dalle frane - Valanghe - Causa delle valanghe - Tipi di valanghe - Difesa dalle valanghe - Subsidenza - Cause della subsidenza - Subsidenza per estrazione di fluidi - Subsidenza per rimozione di materiale solido - Subsidenza dovuta a bonifiche - Terremoti e fenomeni correlati - Misura della intensità dei terremoti - Le zone sismiche - Cause dei danni - Previsione dei terremoti - Rischi associati con i terremoti - Maremoti (tsunami) - Fasi di un maremoto - Previsione dei maremoti - Misure contro gli effetti degli tsunami - Rischio vulcanico - Causa delle eruzioni vulcaniche - Le lave - Tipologie eruttive - Edifici vulcanici - Rischi associati alle eruzioni - Previsione delle eruzioni - Mitigazione del rischio vulcanico - Rischi costieri - La difesa delle coste marine - Erosione delle coste - Trasporto litorale dei sedimenti marini - Difese contro l'erosione marina - Uragani e trombe d'aria - Uragani - Trombe d'aria - Suoli e ambiente - Orizzonti, colore, tessitura, struttura dei suoli - Classificazione dei suoli - Capacità d'uso dei suoli - Erosione e desertificazione. Energia e ambiente - Combustibili fossili - Carbone - Classificazione - Estrazione - Oli e gas - Geologia - Impatto - Energia nucleare - Fissione - Geologia e distribuzione dell'uranio - Isotopi dell'uranio - Fissione e ambiente - Fusione -

Combustibili - Confinamento del plasma - Rischi - Energia geotermica - Aree ipergeotermiche - Sistemi geotermici - Impatto ambientale - Sorgenti di energia rinnovabile - Energia solare - Sistemi passivi e attivi - Pannelli solari - Cellule solari - Energia derivata dalla escursione termica oceanica - Energia idroelettrica - Utilizzi delle dighe e dei bacini artificiali - Ritenzione idrica delle dighe - Problemi ambientali e sociali - Energia da maree - Energia eolica - Energia da biomassa - Fonti principali della biomassa. Risorse minerarie e ambiente - Riserve e risorse - Suddivisione delle risorse minerarie. Gestione delle discariche e dei rifiuti - Concetti generali - Sistema di trattamento dei rifiuti - Discariche controllate - Discariche Tradizionali - Discariche di rifiuti compattati - Discariche di rifiuti pretrattati - Incenerimento - Compostaggio - Riciclaggio - Tipologia dei rifiuti - Rifiuti urbani - Rifiuti speciali - Rifiuti tossici e nocivi - Suddivisione in Categorie delle discariche - Gruppo 1, 2A, 2B, 2C, 3 - Scelta dei siti - Caratteri costruttivi. Mutamenti nella composizione della atmosfera - Aumento della CO₂ nella atmosfera - Fattori determinanti - Effetto serra - Aumento della CO₂ e della temperatura nel tempo - Assottigliamento dello strato dell'ozono - Distribuzione nella atmosfera - I clorofluorocarburi (CFC) - Effetti sull'uomo - Piogge acide - Le emissioni di zolfo e azoto - Effetti sull'ambiente. Monitoraggio Del Globo - telerilevamento - Sistema aereo - Esecuzione delle foto stereoscopiche - Caratteristiche delle foto aeree - Emulsioni fotografiche - Elementi di fotogrammetria - Principi di fotointerpretazione - Sistema satellitare - Caratteri orbitali - Radiazione elettromagnetica - Scanners - I principali satelliti utilizzati per lo studio delle risorse e dell'ambiente terrestre - Immagini digitali - Classificazione. GPS (Global positioning system) - Principi di funzionamento e utilizzo. GIS (Geographic Information System) - Significato - Componenti hardware e software.

Esercitazioni.

Interpretazione di immagini mediante stereoscopio.

Testi consigliati

E.A. KELLER, *Environmental Geology*, 6th ed. Macmillan Publishing Company, N.Y., 1992.

B.W. MURK, B.J. SKINNER, S.C. PORTER, *Environmental Geology*, ed. John Wiley & Sons, Inc. 1996.

Note per lo studente: Sito Internet del corso:

<http://www.geom.in.unibo.it/ORGV/PERS/GIORGI/geoamb2.html>.

IDROBIOLOGIA

Docente: Giuliano Bonomi

Tipo: complementare. Sc. Naturali, mut. Sc. Biologiche, 80 ore, estensivo

Crediti: 6

Esame: orale

Scopo del corso: Dare allo studente una visione sintetica dei corpi d'acqua epicontinentali, con particolare riferimento ai laghi naturali e artificiali ed ai corsi d'acqua, così da permettergli di comprendere il funzionamento normale e disturbato di questi ecosistemi.

Contenuto del corso: Genesi e morfologia dei laghi. Loro evoluzione morfometrica nel contesto del bacino idrografico. Le acque e la radiazione solare. Bilanci di energia. La termica delle acque e le strutture termiche. I movimenti delle acque. Il substrato solido e l'atmosfera come determinanti del chimismo delle acque interne. Ossigeno, carbonio inorganico, azoto, in connessione con pH e potenziale redox delle acque e dei sedimenti. Macro e micronutrienti. Elementi in tracce. Bilanci ionici.

Le comunità biologiche. Batteri, fitoplancton, zooplancton, pesci: composizione e successioni nelle loro comunità. Dinamica delle reti alimentari e meccanismi di regolazione. Confronto fra sistemi di acque correnti e di acque stagnanti. Limnologia regionale. Paleolimnologia. I disturbi: eutrofizzazione, manipolazioni idrauliche, inquinamento termico e chimico. Interventi di prevenzione e di ricupero. Cenni sulla legislazione.

Note per lo studente: È prevista una escursione didattica in integrazione col corso di Idrologia e Idrogeologia e con quello di Limnologia del Corso di Laurea in Scienze Ambientali.

ISTITUZIONI DI MATEMATICHE

Docente: Libero Verardi

Tipo: corso fondamentale annuale estensivo (90 ore di lezione ed esercizi, più 20 ore di «precorso», I anno)

Crediti: 10

Esame: prova scritta e prova orale

Scopo del corso: La conoscenza delle nozioni di base della Matematica; l'acquisizione di strumenti per la costruzione e l'interpretazione dei modelli matematici nelle varie Scienze; un contributo essenziale alla formazione logica e metodologica degli studenti.

Contenuto del corso: Insiemi, strutture algebriche, calcolo combinatorio, elementi di probabilità. Il campo reale, sistemi lineari e matrici, determinanti, autovalori. Funzioni elementari, topologia del campo reale, limiti, continuità, derivate, integrali, cenni sulle equazioni differenziali. Cenni sulle funzioni di più variabili. Elementi di statistica descrittiva. Numeri complessi. Cenni di calcolo numerico.

Testi consigliati

M. BARNABEL, F. BONETTI, *Sistemi lineari e matrici*, ed. Pitagora.
M. BIANCHI, E. PAPARONI, *Istituzioni di Matematica*, ed. Unicopli.
M. CERÈ, *Introduzione alla Probabilità*, ed. Pitagora.
G. PELLACANI, G. PETTINI, C. VETTORI, *Istituzioni di Matematiche*, ed. Clueb (in alternativa ai due precedenti).
Inoltre: appunti ed esercizi distribuiti a lezione.

MICROPALEONTOLOGIA

Docente: Roberto Barbieri

Tipo: 60-70 ore di lezione, annuale, complementare

Crediti: 6

Esame: orale

Scopo del corso: Fornire conoscenze di base per un uso biostratigrafico, paleoclimatico, paleoambientale e paleoceanografico dei microfossili.

Contenuto del corso: Ruolo dei microfossili nella istituzione di unità cronostratigrafiche. Biozonazioni micropaleontologiche. Applicabilità e potere risolutivo delle biozone e relazioni con le bioprovince. Biozonazioni standard e correlazioni. Biostratigrafia integrata e di alta risoluzione. Altre metodologie microbiostratigrafiche. Progetti oceanografici e micropaleontologia. Isotopi stabili e curve paleoclimatiche. Curve di paleotemperatura, paleoclimatologia. Micropaleontologia ed esplorazione mineraria. Microfossili e ricostruzione di paleoambienti. Variabilità morfologiche, clini e cronoclini e loro uso in paleoecologia/stratigrafia. Uso dei foraminiferi bentonici nelle ricostruzioni paleoambientali. Rassegna di alcuni importanti gruppi di microfossili: Acritarchi, Conodonti, Foraminiferi, Ostracodi, Cocolitoforidi e Diatomee.

Il corso prevede inoltre una parte di diretta applicazione comprendente una escursione in campagna, la raccolta di campioni, la loro preparazione in laboratorio e il loro studio. È inoltre prevista una introduzione allo studio dei foraminiferi, sia di individui isolati che di sezioni sottili, e una introduzione allo studio delle microfacies.

Testi consigliati

J. LIPPS, *Fossil Prokaryotes and Protists*, Blackwell.

M.D. BRASIER, *Microfossils*, Allen e Unwin.

B.U. HAQ e A. BOERSMA, *Introduction to Marine Micropaleontology*, Elsevier.

(I testi consigliati sono reperibili presso la Biblioteca del Dipartimento di Scienze della Terra).

MINERALOGIA**Docenti:** Lodovico Riva di Sanseverino (A-L), Mirella Bondi (M-Z)**Tipo:** 90 ore di lezione, 1° semestre, 2° anno**Crediti:** 10**Esame:** orale con riconoscimento dei minerali

Scopo del corso: Fornire i concetti di base della Mineralogia ed i più moderni sviluppi della Cristallografia per la conoscenza dello stato cristallino dei minerali, delle loro proprietà chimiche e fisiche e dei criteri di riconoscimento più comuni. Evidenziare la genesi dei minerali e delle loro associazioni.

Contenuto del corso: Morfologia: elementi di un cristallo e simmetria; giacitura degli elementi di un cristallo e metodi di proiezione; legge di Hauy, simboli di Miller; sistemi e classi cristalline; geminati. Stato cristallino: i reticoli; metodi di indagine con i raggi X; la correlazione fra struttura cristallina e proprietà chimiche, fisiche, tecnologiche, biologiche. Crescita del cristallo; i difetti nei cristalli. Proprietà fisiche scalari e vettoriali con particolare riferimento alle proprietà ottiche. Cristallografia: formule cristallografiche; concetto di isomorfismo e fattori chimico-fisici che lo influenzano; caratteristiche e significato del polimorfismo; relazioni fra isomorfismo, polimorfismo e proprietà fisiche. Genesi dei minerali e delle loro associazioni: aspetti essenziali della cristallizzazione dei magmi; cenni sui fattori della sedimentazione; fattori e tipi di metamorfismo. Mineralogia sistematica: elementi nativi, solfuri, alogenuri, ossidi e idrossidi, carbonati, borati, solfati, fosfati, silicati (i minerali più comuni, loro provenienza e caratteristiche economiche). Cenni di gemmologia.

Testi consigliatiG. CAROBBI, *Mineralogia*, Ed. Uses.A. BIANCHI, *Corso di mineralogia* (per allievi di Scienze Naturali e Scienze Geologiche), Ed. Cedam.G. GOTTARDI, *I minerali*, Ed. Boringhieri.A. MOTTANA, *Fondamenti di mineralogia geologica*, Ed. Zanichelli.

Fotocopie integrative distribuite durante il corso.

PALEONTOLOGIA**Docente:** Roberto Barbieri**Tipo:** 80 ore di lezione, annuale, 1° anno**Crediti:** 8**Esame:** orale

Scopo del corso: Stabilire relazioni tra tempo ed evoluzione della biosfera e dei viventi. Fornire gli elementi di base per una cronologia di rocce ed eventi del passato geologico. Dare conoscenze su importanti gruppi di esseri viventi estinti.

Contenuto del corso: Principi di tafonomia, potenziale di fossilizzazione e principali composti negli esseri fossili. Rassegna delle idee pre-evoluzionistiche. Evoluzione per selezione naturale. Prove paleontologiche a favore dell'evoluzione. Specie paleontologica e concetto di tipo. Concetti di tassonomia. Microevoluzione e tipi di speciazione. Variabilità intraspecifica e clini. Tempi evolutivi. Gradualismo filetico ed equilibri intermittenti. Macroevoluzione e piani strutturali. Tendenze evolutive. Concetto di albero evolutivo. Specializzazioni. Estinzioni. Crisi biologiche e loro cause. Origine della vita e dei metabolismi. Paleontologia stratigrafica. Unità stratigrafiche. Uso dei fossili nelle correlazioni biostratigrafiche. Biozone e loro potere geocronometrico. Magnetostratigrafia e relazioni con i fossili. Magnetobiocronologia. Altri metodi di datazione radiometrica e isotopica di rocce e fossili. Icnofossili, loro riconoscimento, classificazione e significato. Organismi e habitat. Attualismo e relazione tra ecologia e paleoecologia. Fattori limitanti la distribuzione degli esseri viventi. Attualismo tassonomico. Modelli di crescita delle popolazioni. Selezione K e selezione r. Paleobiogeografia e province paleobiogeografiche. Evidenze paleontologiche delle migrazioni di masse continentali. Capacità e modelli di diffusione degli esseri viventi. Modelli di distribuzione dei viventi. Rassegna di gruppi paleontologicamente importanti di protisti e invertebrati.

Testi consigliati

S. RAFFI e E. SERPAGLI, *Introduzione alla Paleontologia*, UTET.

V. VIALLI, *Appunti di Paleontologia*, Pitagora.

E. MAYR, *L'evoluzione delle specie animali*, Einaudi.

Dispense integrative distribuite durante il corso.

PETROGRAFIA

Docente: Claudio D'Amico

Tipo: 60 ore di lezione e 20 di esercitazione, corso estensivo

Crediti: 8

Esame: orale con riconoscimento materiali

Scopo del corso: Conoscenza delle rocce come prodotti geologici del sistema petrogenetico mantello-crosta; come risorse e indicatori di risorse; come substrato ambientale; come materiale per i beni culturali.

Contenuto del corso: Il globo terrestre e la sua differenziazione primaria in nucleo e mantello. Il magmatismo come processo petrogenetico costruttivo della crosta; processi

sedimentario e metamorfico come processi rielaborativi della crosta. La crosta continentale come sede della memoria geologica. Definizioni, classificazioni di base e caratteri geologici del magmatismo. Genesis, risalita e messa in posto dei magmi. Magmi capostipite e serie magmatiche. La differenziazione dei magmi e l'interazione con la crosta continentale. Le condizioni tardo-e post-magmatiche. Gli accumuli di minerali utili e loro legami associativi. Il rischio vulcanico. Il processo sedimentario come rielaboratore esogeno e produttore di nuovi materiali rocciosi. Rocce classiche, argillose, chimico-organogene, chimico-evaporitiche, loro ambientazione geologica ed evoluzione geochimico-petrologica. Riflessi ambientali delle fenomenologie, sedimentarie e rischi ambientali. Il processo metamorfico come riequilibratore di rocce preesistenti alle condizioni interne terrestri. Sistema metamorfico, sfumature e sovrapposizioni agli altri due processi. Diverse condizioni e tipi di metamorfismo di diverso significato geologico. Criteri di classificazione petrogenetica del metamorfismo e parametri per l'interpretazione geologica. Le principali rocce metamorfiche e loro significato fenomenico dal protolito ai diversi gradi metamorfici. Nel corso delle lezioni ci saranno occasioni per toccare usi economici e culturali delle rocce e per sottolineare gli aspetti fenomenici generali e connettivi tra le parti.

Testi consigliati

C. D'AMICO, *Dispense di Petrografia*, CLUEB, Bologna.

C. D'AMICO, *Le rocce metamorfiche*, Patron, Bologna.

C. D'AMICO, F. INNOCENTI, F.P. SASSI, *Magmatismo e Metamorfismo*, UTET, Torino.

B. D'ARGENIO, F. INNOCENTI, F.P. SASSI, *Introduzione allo Studio delle Rocce*, UTET, Torino.

SEDIMENTOLOGIA E REGIME DEI LITORALI

Docente: Ernesto Rabbi

Tipo: 80 ore di lezione, annuale, 3° anno

Crediti: 8

Esame: orale

Contenuto del corso

Introduzione. Classificazione delle coste, forme e significato del paesaggio costiero; concetti di tempo e spazio nello studio della morfologia costiera; vari modi per affrontare lo studio dei processi di geomorfologia costiera.

Onde. Concetto di onda, forma e modalità di propagazione delle onde; forma e movimento delle onde in acque basse, movimento dell'acqua associato ad onde in bassi fondali; altezza e ripidità delle onde in acque basse, energia delle onde; trasformazione delle onde in bassi fondali, rifrazione delle onde in acque basse, forma e movimento delle onde in acque profonde.

Correnti indotte da moto ondoso. Correnti normali alla costa, correnti lungo costa,

circolazione a celle.

Maree. Generalità sulle maree; forze generatrici delle maree, frequenza delle maree; onde di marea, onde di marea riflesse o stazionarie, maree costiere; influenza delle maree sulla morfologia costiera.

Sedimenti. Introduzione; concetto di sedimento, classificazione dei sedimenti, sedimenti clastici, determinazione della forma e delle dimensioni delle singole particelle; metodologie analitiche relative e classificazione dei sedimenti in base alle dimensioni delle particelle che li costituiscono; concetto di cernita; elaborazione statistica dei dati granulometrici.

Sedimenti costieri: provenienza, caratteristiche granulometriche e proprietà fisiche; trasporto dei sedimenti in generale e di quelli costieri in particolare.

Spiagge. Profili della spiaggia (sezioni verticali); caratteristiche delle spiagge lungo costa.

Dune costiere. Forme e distribuzione lungo costa, movimento delle dune ed azione eolica; modalità di trasporto della sabbia, origine e morfologia delle dune.

Morfologie legate alla marea: piane di marea e paludi salate. Sedimenti trasportati dalla marea in ambiente costiero; processi di formazione delle piane di marea e delle paludi salate; loro morfologie. Distribuzione e significato delle Mangrovie.

Coste alte (falesie e piattaforme costiere). Origine delle falesie e delle piattaforme costiere; caratteristiche e significato della pendenza della costa; evoluzione delle coste alte.

Variazioni del livello marino e geomorfologia costiera. Coste fossili, coste attuali, cause e meccanismi delle variazioni del livello marino; movimenti eustatici Pleistocenici ed Olocenici; variazioni attuali del livello marino.

Estuari e delta. Definizioni di estuario e delta; vari tipi di estuari in relazione all'escursione di marea, processi fisici e chimici negli estuari; i principali estuari nel mondo: descrizione e distribuzione.

Applicazioni pratiche della geomorfologia costiera. Interventi diretti sui processi costieri, previsioni sull'evoluzione costiera ed eventuali interventi; metodologie principali utilizzate negli interventi sui processi costieri.

Gestione delle aree costiere, delle acque, dei sedimenti e degli ecosistemi. Le coste a rischio.

Testi consigliati

PETHICK J., 1992. *An introduction to coastal Geomorphology.* Edward Arnold.

RICCI LUCCHI F., 1992. *I Ritmi del Mare. Sedimenti e dinamica delle acque.* NIS (Nuova Italia Scientifica).

CARTER R.W.G., 1993. *Coastal Environment. An introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines.* Academic Press.

DAVIS R.A., 1985. *Coastal Sedimentary Environments.* Springer-Verlag.

BIRD E.C.F., 1984. *Coasts. An introduction to coastal Geomorphology.* Blackwell.

SISTEMATICA E FILOGENESI ANIMALE**Docente: M. Grazia Corni****Tipo:** 90 ore di cui 20 di esercitazioni di laboratorio, fondamentale, annuale**Crediti:** 10**Esame:** orale, con riconoscimento materiale zoologico micro e macroscopico

Scopo del corso: Fornire gli elementi critici per una classificazione oggettiva, idonea a valutare e ad inquadrare la biodiversità dei vari taxa di invertebrati e vertebrati. Riconoscimento preparati microscopici e macroscopici tramite l'ausilio di chiavi analitiche. Tracciare un quadro della probabile filogenesi dei principali phyla animali tramite cladogrammi elaborati dalle moderne scuole di cladistica. Delineare la corologia dei taxa più significativi dal punto di vista biogeografico ed ecologico.

Contenuto del corso: Il corso prevede una parte introduttiva alla sistematica biologica: vengono forniti i principi teorici e gli strumenti per la costruzione degli alberi filogenetici e dei cladogrammi. Sono descritti gli ipotetici passaggi dai Protisti ai Metazoi. Vengono prese in considerazione le principali radiazioni evolutive dei diversi phyla animali con particolare riguardo agli invertebrati Radiati e Bilaterii (Poriferi, Cnidari, Ctenofori - Platelmini, Nemertei, Nematodi, Molluschi, Anellidi, Artropodi, Echinodermi, Urocordati, Cefalocordati). La parte filogenetica classificativa relativa ai phyla principali di invertebrati viene integrata da descrizioni morfo-funzionali specifiche: anatomia e fisiologia comparate; meccanismi di sostegno e di protezione del corpo; locomozione; alimentazione e digestione; scambi gassosi e circolazione; osmoregolazione ed escrezione; coordinazione nervosa e chimica; riproduzione, sviluppo e cicli biologici. Particolare attenzione viene rivolta ai gruppi più importanti dal punto di vista della parassitologia veterinaria ed umana. Vengono sottolineati alcuni aspetti di zoologia applicata come i concetti propri della lotta biologica e del controllo integrato. I Vertebrati vengono trattati, dal punto di vista filogenetico e sistematico, sino a livello di ordini e famiglie con riferimenti al ruolo ecologico ed alla biogeografia dei taxa più significativi e con aspetti di etologia.

Testi consigliatiC. P. HICKMAN ET AL., *Zoologia*, EdiSES, 1995.M. LA GRECA, *Zoologia degli invertebrati*, UTET, Torino, 1988 (II Ed.).E. VANNINI, *Zoologia dei Vertebrati*, UTET, Torino, 1982.

ZOOCENOSI E PROTEZIONE DELLA FAUNA**Docente: Mario Marini****Tipo:** 60 ore di lezione, 2° semestre, 4° anno**Crediti:** 6**Esame:** orale, con riconoscimento materiale zoologico

Scopo del corso: Conoscenza delle comunità animali di ambienti naturali e di ambienti urbani. Il corso è corredato da esercitazioni per il riconoscimento delle specie di più frequente osservazione o di maggiore interesse.

Contenuto del corso: Zoocenosi di Invertebrati acquatici. Zoocenosi di Ditteri Culicidi della pianura padana. Zoocenosi di Lepidotteri delle zone umide. Artropodi: specie protette. Anfibi e Rettili italiani: specie e problemi di conservazione; biologia di popolazione; es.: *Testudo hermanni* di Bosco Mesola. Uccelli: specie di maggiore interesse faunistico; specie protette. Zoocenosi di uccelli acquatici con particolare riferimento alle Valli (Bo-Fe-Ra): Biologia di Anatidi, Cormorano, Ardeidi. Rapaci diurni e notturni. Migrazioni uccelli: specie coinvolte e problemi di protezione. Zoocenosi di micromammiferi. Mammiferi italiani: specie, status, conservazione; esempi tra Ungulati, predatori, Cetacei. Conservazione natura: esperienza del Parco Foreste Casentinesi. Legislazione nazionale ed internazionale per la protezione della fauna; CITES. Gestione di banche dati faunistiche.

Specie animali di ambienti urbani: commensali, di interesse sanitario, dannose a manufatti e prodotti conservati.

Testi consigliati

N.M. COLLINS, J.A. THOMAS, 1991, *The conservation of insects and their habitats*, Academic Press Limited, London, pp. i-xvii+1-450.

K. CORBETT, 1989, *Conservation of European Reptiles & Amphibians*, Christopher Helm, London, pp. 1-274.

J. ERRITZOE, 1993, *The Birds of CITES and How Identify Them*, Lutterworth Press, Cambridge, pp. i-xxii+1-201.

U. MEREU, 1992, *La convenzione di Washington sul commercio internazionale delle specie di fauna e flora selvatiche minacciate di estinzione*, Ministero Agricoltura e Foreste, Roma, Collana Verde 88, 1992: 1-237.

ZOOLOGIA**Docente: Valerio Scali****Tipo:** 70 ore, più 15 di esercitazioni; 1° anno, 2° semestre**Crediti:** 11**Esame:** orale, immediatamente preceduto da 10 domande scritte

Scopo del corso: Dando per note le conoscenze di base sulla cellula animale, dare un quadro generale dei principali phyla animali, ad esemplificazione dei concetti di diblastici - triblastici, radiati - bilateri; acelomati - pseudocelomati - eucelomati; protostomi - deuterostomi; aproti - proctodeati; gastroneurali - notoneurali. Porre lo studente in grado di capire i vantaggi e gli svantaggi della riproduzione, agamica e sessuale, illustrandone i modi principali e le varianti. Fornire una conoscenza di base dei dati a sostegno dell'evoluzione e delle principali teorie evoluzionistiche, includendo gli apporti delle metodiche della biologia molecolare. Ad introduzione dei phyla animali viene presentato ed analizzato il regno dei Protista.

Contenuto del corso: L'evoluzione prebiotica delle molecole organiche; origine della vita e principali tappe dell'evoluzione cellulare; I cinque regni; il regno dei Protista. Organizzazione animale: i phyla dei Porifera; Cnidaria, Platyhelminthes; Nematoda; Mollusca, Annelida, Arthropoda, Echinodermata, Chordata; loro cicli vitali, riproduzione, filogenesi. La riproduzione delle cellule e degli organismi: mitosi e meiosi. Il ciclo vitale di un animale tipico; soma e germen. Ermafroditismo e gonocorismo. Spermatogenesi ed ovogenesi. La riproduzione agamica e sessuale. La fecondazione. Ginogenesi, partenogenesi, ibridogenesi, androgenesi. Evidenze a favore dell'evoluzione dalle varie branche della biologia (serie fossili, zoogeografia, parassitismo; organi vestigiali, anatomia ed embriologia comparate; codice biologico e dati molecolari della sua utilizzazione). Le teorie evoluzionistiche dal darwinismo al neutralismo. Modi di speciazione graduale e rapida; modelli allopatrico, stasipatrico e simpatrico. Speciazione per ibridazione. Micro e macroevoluzione.

Testi consigliati

AUTORI VARI, *Trattato italiano di Zoologia*, Ed. Zanichelli, 1° e 2° volume.

Invece del 2° vol.: AA.VV., *Lineamenti di Zoologia Sistematica*, Ed. Zanichelli.

Approfondimenti:

MANGIAROTTI, *Dai geni agli organismi* (n. ed.), Ed. Piccin.

ALBERTS et al., *Biologia molecolare della cellula*, Ed. Zanichelli.

Dipartimenti ed altre strutture scientifiche che interessano gli Studenti della Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali

A pag. 10 si trova la piantina topografica con indicati i dipartimenti che seguono.

DIPARTIMENTO DI ASTRONOMIA

Sede: via Zamboni 33, Viale Berti Pichat 6/2
Direttore: Prof. Giancarlo Setti
Orario di accesso: lunedì-venerdì 8-14 e 15-19

Il Dipartimento di Astronomia si è costituito nell'aprile 1983 su proposta dei docenti dei Corsi di Laurea in Astronomia e in Fisica interessati allo sviluppo coordinato delle ricerche astronomiche.

La sua sede principale è nei locali della torre che, innalzata dall'Istituto delle Scienze su Palazzo Poggi agli inizi del Settecento per ospitare la Specola, ha mantenuto ininterrottamente la sua funzione originaria. Questo rende il Dipartimento il più antico tra gli istituti astronomici esistenti nelle moderne università di tutto il mondo.

Il Dipartimento di Astronomia ospita nella sua sede il Corso di Laurea in Astronomia, fin dalla sua istituzione nell'a.a. 1967-70, il Dottorato di Ricerca in Astronomia, istituito nel 1983 con circa 3 posti all'anno, per un totale annuo, a regime, di una media di 9 dottorandi, una Unità di Ricerca del Gruppo Nazionale di Astronomia del Consiglio Nazionale delle Ricerche, l'Osservatorio Astronomico, ente di ricerca del Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica, istituito nel 1985, il Museo della Specola, la Biblioteca moderna e storica, con oltre 15000 volumi di cui 2000 antichi e 200 abbonamenti e l'archivio storico, con documenti fin dal XVII secolo.

Stretti collegamenti sono tenuti dal Dipartimento con gli altri due enti di ricerca astronomica del CNR presenti nell'area bolognese: l'Istituto di Radioastronomia (IRA) e l'Istituto per le Tecnologie e lo Studio delle Radiazioni Extraterrestri (ITeSRE). I rapporti con questi Istituti del CNR e con l'Osservatorio Astronomico si estrinsecano, tra l'altro, nella gestione comune del Dottorato di Ricerca in Astronomia, nell'espletamento di tesi di laurea e nelle numerosissime collaborazioni scientifiche tra i ricercatori dei tre enti.

L'attività di ricerca del Dipartimento è volta all'approfondimento di problematiche di rilievo nell'odierno scenario astrofisico. Essa si svolge per molte tematiche in stretta collaborazione con scienziati di altre istituzioni astronomiche italiane e straniere, oltre a quelli dei già menzionati enti di ricerca presenti nell'area bolognese,

Per i programmi osservativi vengono regolarmente utilizzati, oltre agli strumenti locali i telescopi di Loiano da 60 cm e da 152 cm e i radiotelescopi di Medicina, Croce del Nord e antenna parabolica VLBI, gestiti rispettivamente dall'Osservatorio Astronomico e dall'Istituto di Radioastronomia – anche strumenti esteri di grande rilievo, quali i telescopi dell'ESO (European Southern Observatory) in Cile, il radiotelescopio di Westerbork (Olanda), il Very Large Array (USA) e le reti interferometriche europea ed americana.

Occasionalmente vengono utilizzati anche i grandi telescopi, quali quelli posti sul vulcano Mauna Kea nelle isole Hawaii, il telescopio da 4 m del Kitt Peak National Observatory (USA), il telescopio da 6 m russo nel Caucaso e molti altri.

Inoltre i ricercatori bolognesi partecipano, anche in qualità di promotori, a programmi di ricerca con satelliti, quali l'Hubble Space Telescope (HST) e l'International Ultraviolet Explorer (IUE).

In sintesi le tematiche di ricerca si possono raggruppare in alcuni grossi filoni, quali:

- studio dei sistemi stellari binari, delle controparti ottiche di sorgenti X e di stelle variabili;
- studio teorico ed osservativo dell'evoluzione stellare, con particolare riguardo ai modelli evolutivi, agli ammassi stellari galattici ed extragalattici e all'evoluzione chimica delle galassie;
- studio di tecniche numeriche e di calcolo applicabili ai problemi della fluidodinamica e della simulazione di n-corpi in astrofisica, finalizzate alla comprensione della propagazione di onde d'urto e della formazione delle galassie;
- studio cosmologico di galassie normali, di nuclei attivi di galassie e di quasar, di radio sorgenti, di ammassi e superammassi di galassie e della struttura a grande scala dell'Universo;
- sviluppo di software finalizzato per l'astronomia e, in particolare, per l'analisi delle immagini astronomiche;
- storia dell'astronomia e della fisica.

In collaborazione con i singoli docenti o con i gruppi che si dedicano all'approfondimento di tutte queste tematiche è sempre possibile svolgere tesi di laurea sia di ricerca che compilative.

OSSERVATORIO ASTRONOMICICO DI BOLOGNA

Sede: Via Zamboni, 33
Direttore: Prof. Bruno Marano

L'Osservatorio Astronomico di Bologna è un ente del Ministero della Ricerca Scientifica e Tecnologica, ha sede presso i locali del Dipartimento di Astronomia dell'Università di Bologna e gestisce i due telescopi (di 150 e 60 cm) della Stazione Astronomica di Loiano di proprietà dell'Università di Bologna.

Il personale di ricerca dell'Osservatorio, organizzato in tre fasce equivalenti a quelle del corrispondente personale universitario, consta attualmente di tre astronomi ordinari, cinque astronomi associati e quindici ricercatori astronomi. A questi si aggiungeranno entro breve termine tre associati e due ricercatori. Il personale amministrativo, tecnico e ausiliario

consta di ventisette unità attualmente in servizio. I rapporti fra l'Osservatorio Astronomico e l'università sono regolati da un'apposita convenzione stipulata in occasione dell'istituzione dell'ente, avvenuta nel 1985. Tale convenzione prevede, fra l'altro, la collaborazione del personale di ricerca dell'Osservatorio all'attività didattica del Dipartimento di Astronomia e la possibilità per il personale di ricerca dell'Osservatorio di seguire sia tesi di laurea che tesi di Dottorato. L'organizzazione di seminari e congressi di interesse comune è affidata congiuntamente a personale dei due enti.

Le principali attività di ricerca dell'Osservatorio, volte all'approfondimento di problematiche di rilievo nell'odierno scenario astrofisico, si svolgono principalmente nel campo dell'Astronomia ottica e teorica, anche se con importanti contributi da studi che coprono altre regioni della banda elettromagnetica, come, ad esempio, radio, infrarosso, ultravioletto, X e γ .

In sintesi le principali tematiche di ricerca si possono raggruppare in alcuni grossi filoni, quali:

- studio fotometrico e spettroscopico di stelle variabili;
- studio di ammassi aperti e globulari nella nostra ed in altre galassie;
- studio delle fasi finali della vita delle stelle e dell'interazione con il mezzo circumstellare;
- studio della struttura ed evoluzione delle galassie;
- studio cosmologico di nuclei attivi di galassie e di quasar, di radiosorgenti, di ammassi e super-ammassi di galassie, e della struttura su grande scala dell'Universo;
- studio di tecniche numeriche e di calcolo applicabili a problemi fluido e idrodinamici di interesse astrofisico, come, ad esempio, esplosioni di Supernovae e getti di radiosorgenti;
- sviluppo di software finalizzato per l'astronomia e, in particolare, per la creazione e la gestione di un archivio di immagini astronomiche su «media» ottici.

Per i programmi osservativi vengono regolarmente utilizzati, oltre agli strumenti locali – i telescopi di Loiano e i radiotelescopi del CNR a Medicina – anche i più grandi ed avanzati telescopi ottici del mondo, come quelli dello European Southern Observatory e del CTIO statunitense ubicati in Cile, il 6m BTA in Russia, quelli a La Palma in Spagna e a Kitt Peak in USA, l'AAT in Australia, l'UKIRT britannico e il CFHT alle Hawaii. Vengono anche utilizzati ampiamente i radiotelescopi di Westerbork (Olanda) e VLA (USA) e satelliti come l'Hubble Space Telescope, IUE per l'ultravioletto e ROSAT per l'X. La maggior parte delle suddette ricerche si svolge in collaborazione con altri enti nazionali, internazionali ed esteri. Particolarmente intensi e proficui sono i rapporti con il Dipartimento di Astronomia dell'Università di Bologna e con gli Istituti astronomici del CNR di Bologna, e in particolare con l'Istituto di Radioastronomia. Collaborazioni scientifiche di lunga durata o progetti strumentali congiunti collegano l'Osservatorio con lo European Southern Observatory e il Max-Planck-Institut in Germania, con l'Osservatorio di Meudon in Francia e con lo Space Telescope Science Institute in USA.

ISTITUTO DI RADIOASTRONOMIA DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

Sede: via Gobetti, 101
Direttore: Dott. Lucia Padrielli

L'Istituto gestisce i seguenti strumenti radioastronomici:

Il radiotelescopio «Croce del Nord» sito a Medicina presso Bologna è formato da due bracci (di circa 600 metri di lunghezza) disposti a T, uno orientato in direzione Nord-Sud e l'altro in direzione Est-Ovest. Lo strumento opera alla frequenza di 408 MHz (lunghezza d'onda pari a 73 cm) ed ha un potere risolutivo angolare di circa tre primi d'arco.

Due antenne paraboliche di 32 metri di diametro, completamente orientabili, operanti a varie frequenze da 50 a 1.3 cm, site una a Medicina e l'altra a Noto (SR). Questi due strumenti operano congiuntamente ad altri radiotelescopi localizzati in varie nazioni europee ed americane secondo una tecnica di osservazione denominata VLBI (Very Long Baseline Interferometry) che permette di raggiungere un potere risolutivo angolare dell'ordine del millesimo del secondo d'arco.

L'attività di ricerca dell'Istituto si articola su diverse tematiche di ricerca teoriche e tecnologiche legate allo sviluppo delle conoscenze astrofisiche:

Fisica delle Radiosorgenti

Campioni di radiosorgenti extragalattiche vengono studiati mediante osservazioni con diversi strumenti radioastronomici, su varie scale angolari, per giungere alla conoscenza dei meccanismi fisici che regolano la formazione e l'evoluzione temporale delle radiosorgenti potenti.

Oggetti galattici vengono studiati principalmente a Noto: sono condotte osservazioni sistematiche di sistemi stellari binari attivi. Nubi molecolari e maser sono osservati in riga mediante uno spettrometro.

Una ricerca sistematica di pulsars è condotta da anni con la «Croce del Nord».

Cosmologia

Vengono condotte ricerche statistiche su grandi campioni di galassie e quasars selezionati in ottico, radio ed X per analizzare le condizioni di formazione, la distribuzione spaziale e l'evoluzione di queste classi di oggetti di interesse cosmologico.

Geodinamica

Mediante osservazioni sistematiche con la rete geodinamica VLBI si cerca di definire la dinamica dell'area mediterranea. L'istituto partecipa inoltre ai progetti di studio del moto delle placche continentali e delle zolle europee.

Ricerca tecnologica

Questa ricerca mira alla progettazione e realizzazione di ricevitori criogenici a basso rumore nelle bande elettromagnetiche della radioastronomia, di sistemi di controllo e di

acquisizione dati e di sistemi software per il tracking delle antenne.

Informatica

Nel campo informatico vengono studiati metodi di analisi e ricostruzione dell'immagine e vengono prodotti data base astronomici e software di gestione.

ISTITUTO DI TECNOLOGIE E STUDIO DELLE RADIAZIONI EXTRATERRESTRI (TESRE) DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

Sede: via Gobetti, 101
Direttore: Dott. Nazareno Mandolesi

L'attività scientifica dell'Istituto si sviluppa lungo quattro linee di ricerca: astronomia gamma, astrofisica in raggi X, astronomia infrarossa a fondo cosmico e radiazione cosmica.

Nell'ambito di queste linee si integrano attività a carattere osservativo, interpretativo e tecnologico, nel campo dell'astrofisica delle alte energie.

A questo fine l'Istituto sviluppa e realizza strumentazione per esperimenti ed osservazioni a bordo di satelliti e palloni e da terra.

Nel campo delle missioni spaziali l'Istituto TESRE partecipa alla realizzazione del satellite italiano SAX di astronomia X, dei satelliti dell'Agenzia Spaziale Europea ISO (Infrared Satellite Observatory) e XMM (X Ray Multi Mirrors) e allo studio di Integral per gamma astronomia.

DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA EVOLUZIONISTICA SPERIMENTALE

È costituito dal gennaio 1987 in seguito alla confluenza degli Istituti di Anatomia Comparata, Antropologia, Botanica, Genetica, Zoologia. Vi operano 20 professori ordinari, 31 professori associati, 21 ricercatori, 55 unità di personale amministrativo, tecnico e ausiliario. Direttore il prof. N. Bagni, segretario la sig.na S. Bagnarelli. Al Dipartimento fanno capo i dottorati in Biologia e Fisiologia Cellulare, in Biologia Animale e Scienze Antropologiche. Inoltre il Dipartimento partecipa ai dottorati di Scienze Genetiche e di Sistematica ed Ecologia vegetale. È frequentato da una trentina di dottorandi.

Sedi

La direzione è in via Selmi 3, Bologna 40126. Le Sedi sono: via Selmi 3, tel. 354140 e via Irnerio 42, tel. 351280. A Fano ha sede il Laboratorio di Biologia Marina, afferente al Dipartimento. Le singole Sedi sono aperte nei giorni feriali dalle 8 o 8.30 alle 12-13 e dalle 14-15 fino alle 18-19 (sabato escluso). Le due biblioteche, site in via Selmi, 3 e via Irnerio, 42, sono aperte nei giorni feriali (sabato escluso) dalle 8,30 - 12,30; 14-18; il venerdì 8,30-12,30. Servizio di fotocopie.

Collezioni

Al Dipartimento fanno capo il Museo di Zoologia, il Museo di Anatomia Comparata, con importanti collezioni di animali e di preparati anatomici e il Museo di Antropologia con collezioni scheletriche e numerosi reperti paleoantropologici. L'Orto Botanico (via Innerio 42) è visitabile nei giorni feriali il mattino. Vasto circa due ettari, contiene una importante raccolta di piante grasse; è indirizzato alla ricostruzione di ambienti naturali. L'erbario custodisce circa 120.000 reperti.

Ricerche ed Internati

Le ricerche svolte nel Dipartimento sono brevemente descritte nel seguito. Possono essere accolti oltre 80 allievi interni per anno. Gli argomenti di tesi sono elencati nell'opuscolo distribuito a cura della Segreteria di Facoltà. Sono disponibili attrezzature per i vari settori di ricerche (microscopia ottica ed elettronica, ultracentrifughe, apparati per cromatografia, HPLC, apparati per elettroforesi ed elettrofocalizzazione, spettrofotometria rapida computerizzata, PCR, ecc.).

Sede di via Selmi 3

Area di Anatomia comparata

Aspetti morfologici ed istochimici del processo riparativo nel sistema nervoso centrale dei Vertebrati. Aspetti morfologici, istochimici e fisiologici della barriera ematoencefalica nei Vertebrati inferiori. Organizzazione ultrastrutturale di aree nervose di Vertebrati inferiori e definizione sperimentale delle connessioni nervose. Identificazione di neurotrasmettitori in specifiche aree nervose in rapporto allo sviluppo e alla filogenesi. Linfocitopoiesi nella metamorfosi degli Anfibi: effetti di trattamenti ormonali e della detemizzazione sui linfociti e sulla reattività alloimmune. Analisi ultrastrutturale dell'apparato digerente degli Osteitti eurialini in relazione all'osmoregolazione. Meccanismi di stimolazione e regolazione della funzione sinaptica. Circuiti dopaminergici nella retina. Ruolo fisiologico dei recettori dell'acido kainico in strutture nervose di Vertebrati. Studi morfometrici e neurochimici sulle proiezioni corteccia-striato nei mammiferi. Enzimologia del telencefalo. Ruolo dei colony-stimulating factors e dei derivati dell'acido arachidonico nei processi di differenziamento cellulare. Controllo dell'angiogenesi da parte di fattori polipeptidici di crescita.

Area di Genetica, Genetica molecolare e biologia molecolare

Differenziamento in vitro da coltura di tessuti e protoplasti di Solanacee; studio della conseguente variazione somaclonale mediante analisi di isoenzimi e del DNA genomico (con sonde molecolari). Selezione a livello cellulare di caratteri di resistenza a patogeni. Genetica dei batteri lattici e di altri batteri gram +. Basi genetiche delle interazioni fra batteri, e fra batteri e fagi; segnali chimici relativi all'amplificazione genica. Marcatori immunogenetici dell'interazione genotipo-ambiente; determinazione genetica quantitativa della risposta immune; studio comparativo della risposta immune in mammiferi, uccelli, pesci. Caratterizzazione dei poligeni modificatori dell'espressione di mutanti di sviluppo in *Drosophila*. Modelli matematici nello studio di forme biologiche: applicazioni nella genetica dello sviluppo e di popolazione. Espressione di enzimi in stadi e tessuti specifici e

loro rilevanza nel differenziamento di *Zea mays*. Mutagenesi P-mediata e clonaggio di geni mutanti. Genetica dei caratteri quantitativi nelle piante: studio della variabilità clonale e selezione in seguito a rigenerazione in vitro. Variabilità di caratteri dimensionali e loro espressione durante l'accrescimento di *Poecilia reticulata*: analisi dei rapporti tra pattern di sviluppo e pattern di accrescimento; modelli matematici e statistici per l'individuazione precoce della componente genetica. Analisi genetica e molecolare di geni coinvolti nell'oogenesi di *Drosophila melanogaster*. Studio delle alterazioni genetiche e dei meccanismi molecolari coinvolti nel differenziamento e nella trasformazione tumorale di cellule umane del sistema nervoso periferico. Biologia Molecolare – Analisi molecolare della funzione delle citochine nelle patologie del sistema nervoso centrale. Trasduzione del segnale dal citoplasma al nucleo e caratterizzazione dei geni coinvolti in tali processi.

Area di Zoologia

A) Biologia riproduttiva, embriogenesi, differenziamento sessuale, rigenerazione. Controllo neurosecretorio della rigenerazione e della induzione della sessualità in *Hydra* (Celenterati) e in *Aelosoma* (Oligocheti). Biologia riproduttiva e rigenerazione in *Dugesia*, *Polycelis*, *Planaria* (Turbellari). Ciclo biologico, neurosecrezione e rigenerazione sperimentale in *Mercieriella* e *Owenia* (Policheti). Origine della gonade ermafrodita e differenziamento delle cellule germinali nei Gasteropodi Polmonati. Biologia riproduttiva e cariologia di *Scapharca inaequalis*. Vitellogenesi, ruolo delle cellule nutrici e membrane terziarie dell'uovo dei Crostacei Notostraci. Modalità riproduttive nei Fasmidi legate alla partenogenesi: indagini sulle divisioni maturative e la sintesi di DNA. Morfogenesi gonadica e differenziamento sessuale nei Vertebrati: modificazioni sperimentali negli Anfibi mediante ormoni, antigeni di membrana e loro inibitori.

B) Filogenesi, sistematica, faunistica, idrobiologia, biologia marina. Sistematica, ecologia e biogeografia dei Gasteropodi Prosobranchi del Mediterraneo; sviluppo delle larve ed implicazioni biogeografiche. Citotassonomia ed ootassonomia di Lepidotteri, in particolare endemismi italiani; faunistica dei Macrolepidotteri italiani. Tassonomia e speciazione nei Fasmidi: indagini sui cariotipi (Cbanding e pattern di restrizione), elettroforetiche su allozimi ed elettromicroscopiche sulle uova. Popolamenti ittici delle acque dell'Appennino bolognese. Studio di popolazioni bentoniche d'acqua dolce per il controllo di qualità delle acque; modellistica di popolazione di Oligocheti limicoli. Valutazione degli stock ittici di alcune specie del Mediterraneo. Ricerche di acquacoltura e marinocoltura.

Area di Antropologia

Studio di antiche popolazioni di epoca preistorica e protostorica sotto il profilo morfologico, metrico, paleodemografico, palcoambientale, ecc.

Ricerche su caratteristiche morfologiche e metriche dello scheletro in collezioni osteologiche allo scopo di ricavare parametri e criteri di pratica applicazione (es. determinazione dell'età e del sesso, ricostruzione della statura, ecc.).

Studio di gruppi umani attuali dal punto di vista morfologico e metrico al fine di una definizione del somatotipo e della determinazione della composizione corporea, con riferimento all'influenza che possono avere fattori biologici, quali il sesso o l'età, o fattori ambientali.

Ricerche sull'accrescimento umano nel periodo post-natale. Oltre alla determinazione degli standards dei caratteri antropometrici nelle diverse età e delle modalità di crescita, vengono ricercate le possibili influenze di fattori biodemografici con particolare riguardo alle migrazioni interne.

Studio dei dermatoglifi digito-palmari con riferimento alle loro variazioni qualitative e quantitative in popolazioni normali o con particolari condizioni patologiche (malattie della pelle, anomalie genetiche).

Ricerche antropobiologiche su popolazioni di ambiente montano. Attraverso lo studio delle variazioni nel tempo della struttura matrimoniale (endogamia, distanze matrimoniali, consanguineità, isonomia) vengono valutate le condizioni di relativo isolamento dei vari centri. Inoltre vengono determinate le caratteristiche antropologiche e polimorfismi genetici.

Ricerche sui polimorfismi genetici nell'uomo (emogruppi, sistemi siero-proteici e isoenzimatici) quali importanti elementi nella definizione dei rapporti di affinità tra gruppi umani, negli studi di linkage e di associazione con malattie e nelle indagini medico-legali sui rapporti di genitura. Tali ricerche riguardano popolazioni di varie regioni italiane (Emilia-Romagna, Veneto, Basilicata, Sardegna).

Sede di via Irnerio 42

Ricerche a carattere botanico-fisiologico, biochimico-biofisico e di biochimica cellulare.

Meccanismi del trasferimento elettronico nella fotosintesi batterica. Modalità dell'accoppiamento energetico nella fotofosforilazione batterica. Dinamica funzionale dell'ATPasi fotosintetica. Catene di trasporto di elettroni in procarioti fotosintetici termofili e alofili. Studi di biorisanamento con microorganismi. Interazioni fra complessi della catena respiratoria in piante e lieviti. Meccanismi di trasduzione del segnale in cellule umane in coltura. Struttura e funzione di enzimi del ciclo del carbonio da organelli vegetali. Isozimi, compartimentazione e ontogenesi della fotosintesi nell'inverdimento del mais. Caratterizzazione di proteine redox del plasmalemma. Metabolismo e trasporto delle poliammine in piante superiori e loro interazioni con macromolecole. Dormienza, quiescenza e loro interruzione in gemme, tuberi e polline mediante coltura in vitro. Meccanismi morfogenetici (rizogenesi, embriogenesi somatica) in colture di protoplasti e cellule.

Ricerche a carattere sistematico, ecologico, vegetazionale.

Studi biosistemati su gruppi critici di Angiosperme; tassonomia numerica; citotassonomia; sistematica sierologica; analisi del polimorfismo proteico; biometria. Cartografia fenologica in territori collinari; sinfenologia di comunità vegetali. Scienza della vegetazione: tipologia fitosociologica e sintassonomia di comunità forestali e pratensi; sintassonomia numerica studio di predittività ecologica delle comunità vegetali; cartografia della vegetazione; cartografia floristica; micosociologia in comunità forestali naturali e antropogene. Algologia: autoecologia di specie fitoplanctoniche (diatomee edinoflagellate); ecologia e tassonomia di associazioni fitoplanctoniche marine. Palinologia: piogge polliniche e ricostruzioni paleovegetazionali; morfologia pollinica con finalità sistematico-filogenetiche; analisi polliniche di prodotti vegetali; indagini

polliniche correlate a problemi allergologici.

DIPARTIMENTO DI BIOCHIMICA

Sede: Via Irnerio 46, Bologna

È costituito dal 1987 in seguito alla confluenza degli ex Istituti (ora Sezioni) di Chimica Biologica e Biochimica Veterinaria. Direttore il prof. C.A. Rossi. Vi operano docenti delle Facoltà di Medicina, Farmacia, Medicina Veterinaria e un docente di Scienze (prof. P. Cortesi). Al Dipartimento fa capo il dottorato di Biochimica e la scuola di specializzazione in Biochimica Marina.

Sezione di Biochimica veterinaria

Sede: via Belmeloro 8/2, Bologna

Le ricerche della Sezione vertono soprattutto su: aspetti comparativi del metabolismo glucidico aerobio e anaerobio in animali marini; regolazione enzimatica; induzione di metallo-tioneina in animali acquatici esposti a metalli; aspetti comparativi della ATPasi; metabolismo lipidico e steroideo in vari organismi. Si veda l'opuscolo degli internati distribuito dalla Segreteria di Scienze.

DIPARTIMENTO DI CHIMICA «GIACOMO CIAMICIAN»

Sede: Via Selmi, 2 - 40126 Bologna
Orario di apertura: da lunedì a venerdì 8 - 19.
sabato 8 - 12.
Orario di biblioteca: da lunedì a venerdì 8,30-13,30, 14,00-18,30.

Linee di ricerca

1) Chimica Analitica

Metodi di spettrometria atomica per l'analisi di materiali avanzati. Studio di interferenze nella spettrometria di assorbimento atomico con atomizzazione elettrotermica. Metodi analitici di precisione per la caratterizzazione di composti di litio candidati ai reattori a fusione. Metodi di analisi elementare inorganica basati sulla potenziometria con elettrodi ionoselettivi. Costruzione di strumenti e studio di nuove metodiche per la determinazione di inquinanti associati al particolato atmosferico. Metodi di analisi di metalli in tracce con tecniche elettrochimiche veloci. Cromatografie a flusso e campo (field flow) per l'analisi e la separazione di particelle. Tecniche di analisi assoluta sia con rivelatori spettrofotometrici per HPLC sia in spettroscopia di assorbimento atomico con fornetto di grafite. Problemi connessi all'analisi degli aminoacidi in una proteina. Applicazioni della pirolisi analitica in campo ambientale. Chimica analitica e conservazione dei beni culturali. Ricerca di test chimici atti ad individuare lo stato

biologico del materiale ortofrutticolo, Studio di radicali lipoperossidi. Studio dei meccanismi di reazione nell'atmosfera.

2) Chimica Fisica Inorganica

Caratterizzazione sperimentale e teorica di stati anionici temporanei. Reattività ed energetica di sistemi organometallici transizionali in fase gassosa ed in fase condensata.

3) Chimica Organica

Sintesi stereospecifica di sostanze naturali dotate di attività farmacologica, come antibiotici β -lattamici, terpenoidi, steroidi e prostaglandine. Preparazione e applicazione di forme attive di metalli allo stato di ossidazione 0 supportate su matrici inorganiche e di complessi di metalli otticamente attivi utili in chimica per sintesi asimmetriche. Studio della regio-selettività e della stereoselettività nella funzionalizzazione di doppi legami per la sintesi di sostanze biologicamente attive, come zuccheri, feromoni, β -bloccanti e dell'enantioselettività indotta da catalizzatori chirali. Uso di enzimi nella sintesi organica. Sintesi di eterocicli utili alla preparazione di nuovi materiali conduttori. Determinazione di strutture molecolari e delle relazioni struttura-reattività organica tramite metodi di risonanza magnetica, nucleare e di calcolo teorico. Studi di sistemi catalitici per reazioni di trasferimento di idrogeno e studi meccanicistici dell'effetto di polielettroliti su reazioni organiche. Sintesi asimmetrica di α -aminoacidi e di idrossiaminoacidi proteinogenici e non, attraverso l'omologazione di derivati ciclici della glicina. Sintesi di fitochelatine, cioè isopeptidi di varia lunghezza che sono i principali componenti per la detossificazione di metalli pesanti nelle piante.

4) Chimica teorica

Studio teorico di meccanismi di reazioni organiche nello stato fondamentale e nei primi stati eccitati. Studio della reattività di molecole organiche in presenza di metalli. Studio ab initio delle superfici di potenziale riguardanti reazioni di interesse ambientale a carico di idrocarburi e loro prodotti di sostituzione. Studio semiempirico di fenomeni spettroscopici e fotofisici di molecole di medie dimensioni contenenti eteroatomi. Interpretazione della struttura degli spettri elettronici di assorbimento, emissione e Raman di risonanza, e delle proprietà fotofisiche e fotochimiche di clusters di carbonio (fullerene e omologhi superiori) e polieni e composti derivati. Calcolo di proprietà ottiche non lineari di materiali di interesse per l'elettronica molecolare. Simulazioni di dinamica molecolare.

5) Chimica delle macromolecole

Studio dello spettro di rilassamento meccanico e dielettrico di sistemi polimerici sintetici e naturali ad uno o più componenti. Determinazione calorimetrica delle transizioni tra gli stati vetroso, mesomorfo, cristallino, fuso in sistemi polimerici sintetici e naturali. Studio della cinetica di cristallizzazione di materiali polimerici parzialmente cristallini. Correlazioni tra morfologia e biodegradabilità di materiali polimerici ad uno o più componenti.

6) Didattica Chimica

Ricerche docimologiche. Progetti di unità didattiche e verifica della loro efficacia.

Analisi sistematica dei testi scolastici. Didattica della cinetica chimica.

7) Elettrochimica

Elettrochimica di composti di coordinazione e metallorganici e di sistemi supramolecolari in relazione con la conversione della energia solare e con la catalisi multielettronica. Elettrochimica di fullereni. Elettrochimica organica ed elettrosintesi organica. Spettroelettrochimica nei campi dell'ultravioletto, visibile e vicino infrarosso. Studio degli aspetti teorici ed applicativi di polimeri conduttori elettronici ionici e di composti ad intercalazione di litio come materiali innovativi per accumulatori e supercapacitori per trazione elettrica e mercato di consumo, e per finestre «intelligenti» per risparmio energetico.

8) Fotochimica

Ricerche sui processi fotofisici e fotochimici di composti di coordinazione (particolarmente processi bimolecolari di trasferimento di energia e di carica), al fine di ottenere informazioni su parametri caratteristici degli stati elettronici eccitati (reattività, energia, distorsioni, ecc.). Applicazione di reazioni fotochimiche di complessi a processi catalitici, con lo scopo di identificare nuovi cicli catalitici per reazioni di substrati organici, migliorare l'efficienza e la specificità di reazioni termiche e includere stadi fotochimici in cicli termici per la produzione di idrogeno. Ricerche sui processi fotochimici e fotofisici che possono avvenire in sistemi supramolecolari (sistemi host-guest, coppie ioniche, complessi polinucleari). Conversione della luce in energia chimica e della energia chimica in luce mediante reazioni di trasferimento elettronico. Trasferimento di energia e separazione di carica indotta della luce in congegni fotochimici molecolari. Sonde luminescenti e chemiluminescenti.

9) Radiochimica Ambientale

Impiego del radon emanato dal suolo per la valutazione dell'altezza dello strato rimescolato in relazione ai fenomeni meteorologici di stratificazione della bassa atmosfera. Determinazione del disequilibrio radon-222/radon-226 nella colonna d'acqua per il calcolo dei coefficienti di trasferimento dei gas serra all'interfaccia mare/atmosfera. Studio dei processi di scavenging atmosferici mediante radionuclidi naturali (piombo-210) e cosmogenici (berillio-7) determinati in campioni di deiezioni umide e particolato atmosferico. Ricostruzione dell'evoluzione ambientale di sedimenti marini mediante l'utilizzo di traccianti naturali ed elementi in tracce. Caratterizzazione di rifiuti radioattivi provenienti da attività in campo biomedico. Utilizzo della voltammetria di stripping anodico per la speciazione di metalli pesanti in deiezioni umide e per la determinazione di metalli in tracce in indicatori biologici.

10) Spettroscopia Molecolare

Tecniche spettroscopiche in free jets. Studi di trasferimento di energia vibrazionale. Applicazione della spettroscopia a microonde allo studio di equilibri conformazionali, equilibri tautomerici e superfici di energia potenziale di moti a grande ampiezza. Determinazione di strutture molecolari e di costanti di forza del potenziale intramolecolare (armonico e anarmonico) tramite spettroscopia rotazionale (nella regione delle microonde)

e vibrorotazionale (nella regione dell'infrarosso). Produzione di molecole instabili in fase gassosa (ioni molecolari, radicali, ecc.) e loro osservazione attraverso gli spettri rotazionali. Studio dei profili di assorbimento di transizioni rotazionali nelle regioni millimetrica e FIR per molecole di interesse atmosferico e astrofisico.

11) Spettroscopia Vibrazionale

Spettrometria infrarossa a trasformata di Fourier (FT-IR) diretta alla caratterizzazione chimico-fisica di molecole o ioni organici collegati con radicali stabili ed alla rivelazione qualitativa e quantitativa di interazioni in soluzione liquida che danno luogo alla formazione di nuove specie chimiche. Studio spettroscopico vibrazionale dello stato amorfo, con particolare riguardo ai materiali amorfi di interesse specifico. Studio spettroscopico vibrazionale di biomateriali polimerici organici idrofobi e idrofili.

12) Strutturistica e Chimica Inorganica

Determinazione della struttura molecolare con metodi diffrattometrici a raggi X di composti di coordinazione nei bassi strati di ossidazione, complessi metallo-organici contenenti leganti alchilidenici, alchilidini e olefine, composti contenenti poliedri di atomi metallici. Proprietà statiche e dinamiche di composti organometallici cristallini e chimica organometallica dello stato solido. Fenomeni di isomorfismo e polimorfismo nei sali di calcio di interesse biologico. Struttura, proprietà e crescita cristallina di carbonati e fosfati di calcio nei sistemi biologici mineralizzati. Studio della struttura del collagene e delle sue modificazioni indotte dall'interazione con altri componenti del tessuto connettivo, in particolare con i sali di calcio depositati durante il processo di biomineralizzazione. Studio della micro- e macro-struttura di macromolecole di sintesi e naturali condotto con tecniche di diffrazione di RX ad alto e basso angolo con sorgenti convenzionali e luce di sincrotrone.

13) Termodinamica e Processi di Trasporto

Termodinamica classica (equilibri di fase, coefficienti di attività, grandezze parziali). Processi di trasporto (viscosità, diffusione, termodiffusione, permeazione attraverso membrane sintetiche e naturali).

Presso il Dipartimento di Chimica «G. Ciamician» hanno inoltre sede le seguenti unità di studio:

- Centro di Studio per la Fisica delle Macromolecole del Consiglio Nazionale delle Ricerche
- Scuola di Specializzazione in Metodologie Chimiche di Controllo e di Analisi
- Corso di Perfezionamento in «Teorie ed Applicazioni Innovative della Chimica».
- Centri Universitari per lo Studio di:
 - Sintesi, reattività e struttura di sostanze naturali e loro derivati
 - Elettrochimica teorica e preparativa
 - Spettroscopia a microonde
 - Radiochimica ambientale
 - Conversione fotochimica dell'energia solare

DIPARTIMENTO DI CHIMICA FISICA E INORGANICA

Sede: Viale Risorgimento 4 - 40136 Bologna

Processi dinamici in liquidi molecolari isotropi

L'analisi dei profili spettrali di bande Raman condotta nel formalismo della trasformata di Fourier temporale, consente di sondare fenomeni dinamici nella scala temporale dei picosecondi dando risultati in larga misura confrontabili con quelli della spettroscopia risolta nel tempo.

L'attività scientifica in corso è rivolta alla individuazione di fenomeni dinamici in liquidi molecolari isotropi attraverso lo studio di effetti di temperatura e solventi, e alla loro interpretazione su base modellistica.

La ricerca è condotta in collaborazione con il Laboratorio di Chimica Fisica (Dip. di Chimica) dell'Università di Perugia, e con il Laboratorio Europeo per le Spettroscopie ottiche non lineari di Firenze.

DIPARTIMENTO DI FARMACOLOGIA

Sede: Via Innerio 48
Direttore: Prof. Gian Luigi Biagi

Orario di apertura:	dal lunedì al venerdì	8.30 - 18.00
Orario di biblioteca:	dal lunedì al giovedì	8.30 - 16.00
	venerdì	8.30 - 14.00

Il Dipartimento è costituito dal 1991 in seguito alla trasformazione dell'Istituto di Farmacologia. Afferiscono al Dipartimento la Scuola di Specializzazione in Tossicologia ed il Centro Interuniversitario di ricerca in Farmacoepidemiologia. Vi operano Docenti della Facoltà di Medicina e Chirurgia, Farmacia e Scienze MM.FF.NN.

Ricerca

Le principali linee di ricerca sono: Effetti dei farmaci calcio-antagonisti sui sistemi monoaminergici cerebrali e sul comportamento del ratto. Proprietà discriminative e motivazionali degli psicofarmaci. Caratteristiche del ruolo dei peptidi oppioidi e non oppioidi nella regolazione di funzioni centrali e periferiche; studio della regolazione della loro espressione genica. Regolazione dell'espressione di geni bersaglio «in vivo» ed «in vitro» mediante costrutti antisense. Modulazione farmacologica dell'espressione genica di canali per il calcio voltaggio-dipendenti. Valutazione neurofarmacologica di principi attivi di origine naturale. Aspetti biochimici e comportamentali dell'azione degli aminoacidi eccitatori nel S.N.C. Meccanismi neurotrasmettitoriali che influenzano l'apprendimento e la consolidazione mnemonica. Meccanismi di regolazione dei processi di biotrasformazione dei precancerogeni «in vitro» ed «in vivo». Rilevamento di insulti al DNA da farmaci ed inquinanti ambientali in sistemi cellulari ed animali. Marcatori genetici

per la valutazione del rischio cancerogeno. Influenza del carattere lipofilo, determinato mediante tecniche cromatografiche, sulla attività biologica «in vivo» ed «in vitro» di farmaci e xenobiotici. Studi di farmacoutilizzazione nell'assistenza sanitaria di base e ospedaliera. Interazione farmacorecettore di membrana nella regolazione dell'espressione proteica cellulare. Regolazione farmacologica dell'espressione genica nel S.N.

Internati - tesi di laurea

Per richieste di internato rivolgersi alla Dott.ssa Rossella Dall'Olio. Maggiori dettagli sono forniti dalla Guida agli Internati a cura della Facoltà di Scienze.

DIPARTIMENTO DI FISICA

Sedi:	Via Irnerio, 46 Viale Berti Pichat, 6/2' Viale Berti Pichat, 8
Orario di apertura:	dal lunedì al venerdì ore 8-19; sabato (solo via Irnerio 46) ore 8-13.30;
Orario di Biblioteca:	dal lunedì al venerdì ore 8-19; sabato ore 8-13;
Documentazione:	dal lunedì al venerdì ore 8-19; sabato ore 8-13;
Segreteria didattica:	dal lunedì al venerdì ore 10-12; martedì e mercoledì ore 15-16;
Sale di lettura:	da lunedì a venerdì ore 8-19.

Linee di ricerca

1) Didattica della fisica e storia della fisica

Nell'ambito delle attività di ricerca in didattica della fisica, si possono svolgere tesi di laurea di ricerca che, indicativamente, possono riferirsi ai seguenti temi:

- Progettazione e sperimentazione di percorsi didattici mirati al cambiamento concettuale in Fisica.
- Progettazione e costruzione di dispositivi sperimentali per esperienze didattiche.
- Studio sull'apprendimento dei concetti fondamentali della fisica, rappresentazioni mentali, schemi concettuali e sviluppo cognitivo.
- Indagini sul ruolo delle attività sperimentali e dei processi di formalizzazione nella costruzione di conoscenze scientifiche.
- Analisi sul piano epistemologico di alcuni concetti fondamentali in Fisica finalizzata alla preparazione di materiali per l'insegnamento.
- Progettazione e sperimentazione di unità di lavoro per l'insegnamento della fisica a diversi livelli.
- Applicazione degli elaboratori alla didattica della fisica.
- Progettazione e sperimentazione di modelli per la formazione iniziale e continua degli

insegnanti di discipline scientifiche.

Nell'ambito delle attività in storia della fisica si possono svolgere tesi di laurea configurabili come ricerche originali nei seguenti settori:

- Storia di Istituzioni, Laboratori, Gruppi di Ricerca: Istituto di Fisica, Scuola di Perfezionamento in Radiocomunicazioni ecc..
- Analisi dell'attività di scienziati e tecnici che abbiano operato in fisica dal '700 ad oggi, in particolare in ambito bolognese, ma non solo.
- Analisi storico-critica della nascita e dello sviluppo di concetti fondamentali in fisica o della progettazione di famosi esperimenti.
- Le Modalità storiche dell'Insegnamento della Fisica.
- Le Strumentazioni del Museo di Fisica, loro valenze culturali e didattiche storiche e attuali.
- Modelli didattici in fisica come realizzazione semplificata di strumentazioni storiche.
- Simulazione di esperimenti o di strumentazioni storiche al computer.

2) Fisica Teorica

Le attività di ricerca teorica che si svolgono nel Dipartimento impegnano un grande numero di ricercatori e coprono un vasto spettro di problemi le cui linee generali sono così suddivise:

- Fisica delle particelle elementari
- Fisica nucleare
- Fisica degli stati condensati
- Matematica applicata
- Teoria dei campi, gravitazione e cosmologia

Ogni ulteriore specificazione atta a illustrare la struttura dettagliata di ciascuno di questi settori è pressoché inutile se lo scopo è quello di fornire agli studenti, che si accingono a scegliere una tesi di laurea, una immagine fissa di ciò che si fa o si può fare. Solo attraverso una relazione consuntiva si può avere un'idea chiara su ciò che si è fatto e forse qualche suggerimento indicativo sui problemi che verranno trattati successivamente senza che questo debba essere considerato una sorta di programmazione fissa come avviene invece per i programmi sperimentali. Considerato inoltre che una tesi di ricerca impegna lo studente per un intero anno circa con inizio spesso non coincidente con l'inizio di un programma, la partecipazione dello studente dovrebbe essere definita su una base sufficientemente elastica e generale in modo da permettere un costante adeguamento ed adattamento alle circostanze contingenti di un lavoro utile e produttivo. Si invitano perciò gli studenti interessati a svolgere un lavoro teorico a prendere contatto direttamente coi docenti stessi per avere dei ragguagli sul tipo di problematica del momento. Un preliminare orientamento sia pure parziale può essere ottenuto riferendosi alle relazioni consuntive annuali dello I.N.F.N. e dell'I.N.F.M. dei quali «Gruppi Teorici» fanno parte la maggior parte dei ricercatori teorici del Dipartimento.

3) Ricerca fondamentale sperimentale: energie basse e intermedie

L'attività nel campo della fisica nucleare fondamentale si sviluppa secondo diverse

linee di ricerca; tutte queste attività sperimentali richiedono l'impiego di tecniche elettroniche e di impegnative analisi di dati al calcolatore.

Nell'ambito del gruppo di Fisica delle Energie Intermedie, si svolgono le seguenti ricerche:

- Annichilazione di antinucleoni a LEAR. Le ricerche sono svolte nell'ambito della collaborazione OBELIX al CERN. Il gruppo di Bologna ha realizzato il calorimetro elettromagnetico HARGD, primo del suo genere ad operare con tubi di Iarocci nella regione delle energie intermedie. L'esperimento, che è ancora in presa dati, ha accumulato una rilevante quantità di eventi; sono in corso le relative analisi, che stanno fornendo risultati significativi nell'ambito della spettroscopia mesonica e degli studi di dinamica della annichilazione NN.
- Ricerche fenomenologiche. Il lavoro in questa direzione è orientato all'interpretazione ed agli sviluppi teorici dei risultati e delle tematiche sulle quali il gruppo è impegnato sperimentalmente.

Nell'ambito del gruppo di Fisica Nucleare si svolgono le seguenti ricerche:

- Fisica Nucleare a Bassa Energia. Le ricerche, realizzate presso i Laboratori Nazionali di Legnaro, sono volte allo studio di interazioni fra ioni pesanti, ad energie di circa 10 MeV/u, con particolare interesse per le reazioni con più frammenti nello stato finale. È in corso di realizzazione un apparato sperimentale (GARFIELD) che copre gran parte dell'angolo solido ed utilizza camere a microstrips.
- Interazioni fra nuclei pesanti ad energie intermedie. Il maggiore interesse di tali ricerche, realizzate nei Laboratori della Michigan State University (USA) e nel Laboratorio Nazionale del Sud dell'INFN (Catania), risiede nello studio del meccanismo di reazione (in particolare, della multiframmentazione) e nella ricerca di eventuali transizioni di fase della materia nucleare.
- Studio dell'effetto di stopping negli assorbitori. Questo effetto è impiegato per la determinazione di tempi di reazione nucleari. Tali ricerche comportano l'uso di tecniche elettroniche e di metodi di simulazione al calcolatore, ed hanno un forte carattere interdisciplinare, soprattutto con il campo della fisica dello stato solido.

4) Ricerca Fondamentale Sperimentale: Alte Energie

Le attività sperimentali nel campo della fisica delle particelle elementari (o fisica delle alte energie) si svolgono prevalentemente presso i grandi laboratori internazionali (CERN, DESY, FERMILAB, GRAN SASSO). Sono in corso esperimenti sulle collisioni $e^+ e^-$ all'acceleratore LEP al CERN (esperimenti DELPHI, OPAL, L3). È in corso un esperimento (ZEUS) sulle collisioni $e^- p$ all'acceleratore HERA a DESY (Amburgo), ed uno sulle interazioni pp (CDF) al Tevatron del FERMILAB.

È in corso di allestimento un ulteriore esperimento all'acceleratore HERA. L'esperimento HERA-B ha per scopo lo studio della violazione di CP nel decadimento del mesone B, usando un bersaglio interno all'anello di protoni dell'acceleratore HERA. L'esperimento vuole affrontare un vasto programma di fisica, mediante un apparato che applichi soluzioni tecniche all'avanguardia. La partecipazione italiana ad HERA-B è centrata attorno alla responsabilità della realizzazione delle elettroniche di readout e pretrigger del calorimetro elettromagnetico (ECAL). Sono stati realizzati prototipi di

preamplificatori ed integratori per il calorimetro, i quali sono stati provati nel corso di appositi test-run svoltisi presso il DESY.

Nel laboratorio del Gran Sasso sono in funzione due esperimenti: MACRO ed LVD. MACRO è dedicato in particolare alla ricerca di monopoli magnetici ed alla fisica dei raggi cosmici tramite la rivelazione dei muoni. LVD è dedicato in particolare alla rivelazione dei neutrini da collasso stellare ed allo studio dei muoni nell'intervallo completo di angoli zenitali.

L'allestimento di questi esperimenti richiede colossali apparati di rivelazione: l'analisi dei dati e la loro interpretazione permette di svolgere molte tesi sia su analisi di dati che su sistemi di acquisizione dati e sulla costruzione di particolari rivelatori.

Altre attività svolte nel settore della fisica subnucleare sperimentale riguardano esperienze eseguite presso acceleratori già in funzione e l'analisi dei dati raccolti. Gli argomenti trattati concernono la fisica adronica, lo studio a varie energie delle interazioni pp e pp, la produzione di particelle dotate di nuovi numeri quantici e lo studio delle loro proprietà intrinseche.

Le attività sperimentali di alte energie sono finanziate dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare di cui è operante, presso il Dipartimento di Fisica, una Sezione.

Per i neolaureati in questi campi di ricerca fondamentale che vogliono intraprendere un'attività di ricerca sono possibili, seppure in numero limitato, sbocchi professionali nell'ambito dell'INFN o dell'Università (con borse di studio o con il dottorato di ricerca) o dei grandi laboratori internazionali (CERN).

5) Astrofisica

L'attività di ricerca nel campo dell'astrofisica si articola nelle seguenti linee:

- Astrofisica delle galassie, con particolare riferimento alla dinamica delle galassie, alla loro attività non termica e nucleare. La ricerca, prevalentemente di tipo osservativo, viene svolta in collaborazione con l'Istituto di Radioastronomia del CNR.
- Cosmologia, prevalentemente dal punto di vista teorico, con particolare riferimento ai problemi della formazione di strutture su grande scala nell'universo.

Attualmente il Corso di Laurea in Fisica non prevede l'indirizzo di Astrofisica e Fisica dello Spazio. Pertanto gli studenti interessati ad una tesi di laurea in Astrofisica sono invitati a scegliere l'indirizzo di Fisica Nucleare e Subnucleare ed a considerare come corsi a scelta Astrofisica e Relatività; altri corsi di carattere astrofisico (come Cosmologia, Radioastronomia, Fisica dello Spazio), non compresi nell'elenco d'indirizzo, potranno essere richiesti con un piano di studi autonomo.

6) Radiazione cosmica e sue relazioni con attività solare e ambiente

Questa attività si svolge nelle seguenti direzioni:

- Rivelazione, monitoraggio e analisi delle variazioni della radiazione ambientale ossia della componente ultramolle al suolo dei raggi cosmici con energia superiore ai 20 keV, e della radioattività ambientale ad essa mescolata, finalizzata a ricerche astrofisiche, geofisiche e climatico-ambientali.
- Recupero dell'informazione sull'ambiente antico, ottenibile mediante misura di concentrazione di isotopi cosmogenici (C14 e Be10) e di abbondanza di isotopi stabili (D, C13, O18) negli anelli degli alberi, ghiacciai e sedimenti marini, pure finalizzato allo studio delle variazioni astrofisiche dei raggi cosmici, dell'attività e fisica solare, e

infine allo studio delle leggi che regolano le relazioni sole-terra-ambiente,

- Studio delle variazioni spazio-temporali della radiazione ambientale attualmente già in corso nella stazione estiva antartica di Terranova e lungo vari percorsi Italia-Antartide.
- Studio delle anisotropie spaziali e delle distribuzioni dei tempi di arrivo dei Raggi Cosmici di energia > 10 TeV mediante l'analisi dei muoni singoli e multipli rivelati dall'esperimento MACRO ai LNGS.

Congiuntamente si fa largo uso di tecniche statistiche avanzate nel campo dell'analisi delle variazioni e degli eventi rari in cui sono in corso attive ricerche.

7) Ricerca Sperimentale e teorica in Geofisica della Terra Solida e Geodesia

L'attività di ricerca nella Geofisica della Terra Solida e Geodesia si articola nelle seguenti linee:

- Studi sismometrici, istituzione di reti locali e tecniche di acquisizione ed elaborazione dei dati, tomografia sismica, prospezione sismica e gravimetrica.
- Studio della sismicità italiana a partire da cataloghi sismici; distribuzione statistica dei terremoti; determinazione delle aree italiane a più alta sismicità.
- Geodesia classica e da satellite; studio delle deformazioni del suolo e delle variazioni di gravità in aree sismiche; analisi ed interpretazione di dati da satellite artificiale per studi di dinamica della crosta del Mediterraneo Centrale.
- Meccanica della frattura: studi teorici; modelli di roccia sottoposti a sforzi elevati; meccanismo dei terremoti, eterogeneità e reologia delle zone di faglia. Studi sperimentali: laboratorio per lo studio di propagazione delle fratture in ambiente chimico-fisico controllato.
- Interazione litosfera-astenosfera: studi sulla reologia del mantello e della litosfera a partire da vari osservabili geofisici. Studio dei fenomeni di rilassamento post-sismico. Modelli per lo studio dei processi tettonici e dei cicli sismici.
- Studio teorico della rotazione terrestre su brevi e lunghe scale di tempo.
- Fisica del vulcanismo: modellistica delle colate di lava, delle camere magmatiche, dell'evoluzione dei vulcani e delle regioni geotermiche. Statistica delle eruzioni vulcaniche: stima di rischio, relazioni fra sismicità e attività vulcanica.
- Fisica dell'interno della Terra: studio teorico delle proprietà di fusione e di equazione di stato della materia ad alte pressioni e temperature. Convezione del mantello.
- Studio della generazione e propagazione di maremoti nell'area mediterranea.
- Maree terrestri: modelli globali e regionali.

8) Ricerche in Dinamica Atmosferica

L'attività di ricerca del Gruppo di Dinamica Atmosferica si articola in 6 filoni principali:

- Meteorologia dinamica e predicibilità: Studio dei processi dinamici fondamentali alla base dell'evoluzione dell'atmosfera terrestre, sia intesa come fluido sia vista come sistema dinamico. Studi osservativi e modellistici, anche con modelli idealizzati a pochi e pochissimi gradi di libertà, dei regimi atmosferici e quindi dei principali fenomeni caratterizzanti la cosiddetta variabilità atmosferica a bassa frequenza (p.es. situazione di blocco) e ad alta frequenza (p. es. ciclogenesi e corrispondenti storm tracks) alle medie latitudini di entrambi gli emisferi. Studio della predicibilità di tali

fenomeni, anche con tecniche tipiche della teoria dei sistemi dinamici.

- **Climatologia:** Studio di serie temporali di osservabili di rilevanza climatica e delle loro proprietà statistiche, sia su scala globale (p. es. riscaldamento da effetto serra di origine antropica) che su scala locale (p. es. temporali in Val Padana).
- **Modellistica della circolazione generale:** Studi diagnostici di serie spazio-temporali prodotte da modelli numerici globali usati per previsioni meteorologiche e per proiezioni climatiche sia a fini conoscitivi generali che per il miglioramento dei modelli stessi.
- **Modellistica ad area limitata:** Modellistica atmosferica numerica dettagliata di casi di studio, sia a fini di studio di processi (p. es. ciclogenesi orografica) che per il miglioramento delle previsioni meteorologiche numeriche operative (p. es. previsioni quantitative di precipitazioni a mesoscala).
- **Diffusione dell'inquinamento atmosferico:** Analisi della previsione dell'inquinamento urbano utilizzando i dati della rete di rilevamento SARA del Comune di Bologna e i dati meteorologici del Servizio Meteorologico Regionale. Attualmente si sta studiando la possibilità di prevedere con 48 ore di anticipo i dati di inquinamento usando tecniche statistiche che sfruttano le correlazioni tra l'inquinamento e la situazione meteorologica a scala locale.
- **Trasporto radiativo:** Il problema del trasferimento di energia mediante irraggiamento, prende il nome di trasferimento radiativo quando è applicato a problemi caratteristici dell'atmosfera terrestre (o di altri pianeti). L'attività svolta presso il Gruppo di Dinamica dell'Atmosfera comprende: modellistica del trasferimento radiativo, da calcoli in cui è utilizzata tutta la conoscenza spettroscopica delle transizioni rotazionali e vibro-rotazionali dei gas presenti in atmosfera, fino a modelli parametrici; supporto scientifico allo sviluppo di strumentazione innovativa a bordo di satelliti artificiali; analisi delle prestazioni dei modelli di previsione numerica dell'atmosfera mediante confronto con i dati radiometrici misurati su scala globale dai satelliti meteorologici operativi.

Sono in atto numerose collaborazioni con il Servizio Meteorologico Regionale dell'Emilia-Romagna e con gli Istituti CNR FISBAT e IMGGA. Si fa uso continuo di strumenti informatici, p.es. PC in ambiente Windows, workstations RISK in ambiente UNIX/X-Windows e CRAY C-90 in ambiente UNICOS. Linguaggio di programmazione usuale è il FORTRAN 77.

9) Struttura della materia

L'attività di ricerca nel campo della struttura della materia, svolta nell'ambito del Dipartimento di Fisica, è articolata nei seguenti indirizzi:

- **Semiconduttori:** Sono attivate ricerche sperimentali con diverse metodiche, sia microscopiche (tecnica EBIC, Electron Beam Induced Current, OBIC, Optical Beam Induced Current), sia spettroscopiche (tecniche di «junction spectroscopies») per l'analisi delle caratteristiche elettriche di difetti reticolari in materiali semiconduttori elementari e composti (Si, GaAs, CdTe) e semisolanti. È da sottolineare la rilevanza tecnologica di tali studi: i suddetti materiali sono impiegati nella realizzazione di dispositivi per optoelettronica, rivelatori di radiazione, celle fotovoltaiche.
- **Metalli:** Sono attivate ricerche concernenti lo studio di proprietà strutturali,

meccaniche e magnetiche di sistemi metallici: leghe metastabili amorfe e nanocristalline, composti intermetallici, compositi e leghe leggere. Gli studi riguardano in particolare le transizioni di fase e la stabilità strutturate la dinamica dei difetti strutturali le proprietà magnetostrittive e magnetoelastiche. Vengono impiegate tecniche di spettroscopia acustica e ultraacustica, diffrazione X e microscopia elettronica in trasmissione. Inoltre si studiano tematiche legate all'interpretazione delle «anomalie» termiche che i metalli presentano nelle vicinanze del punto di fusione,

- *Microscopia elettronica*: il campo di attività è lo sviluppo e l'applicazione di nuove metodiche e di nuovi dispositivi per la microscopia elettronica. Tra le ricerche in corso vengono sottolineati gli studi per trasparenza su materiali semiconduttori col metodo della conducibilità indotta, sul meccanismo del danno da irraggiamento elettronico in cristalli organici e sulla caratterizzazione strutturale e nanoanalitica di materiali biologici, semiconduttori e metallici, anche con esami a basse temperature. Il microscopio elettronico è inoltre usato come banco elettro-ottico per effettuare esperimenti di tipo non tradizionale di interferometria ed olografia elettronica allo scopo di evidenziare effetti di fase quantistici generati da campi elettrici e campi magnetici localizzati, quali ad esempio quelli associati rispettivamente a: giunzioni p-n, dislocazioni cariche, e flussoni in materiali superconduttori, sonde per microscopi a forza magnetica, ecc. Altro campo di attività riguarda lo studio mediante microscopio a sonda di biomateriali e di materiali di interesse tecnologico.

Il settore di struttura della materia ha inoltre competenze nella produzione del vuoto ed ultra alto vuoto, nella preparazione di film e campioni sottili, nel campo delle basse temperature, delle prove meccaniche, della roentgenografia, dell'ottica elettronica, dell'olografia ottica, della microscopia ottica, delle tecniche fotografiche, ecc.

Ricerche Teoriche:

- Meccanica Statistica: Modelli di spin su reticoli, modelli di Hubbard e superconduttività ad alta temperatura, con uso di tecniche del Gruppo di Rinormalizzazione.
- Termodinamica Statistica: Transizioni di fase, fenomeni critici, transizione liquido-vapore, con uso di tecniche di campo medio e del Gruppo di Rinormalizzazione.
- Connessione tra Dinamica e Termodinamica: Problemi di ergodicità classica e quantistica, equazioni di diffusione del calore.

10) Elettronica

Attività di ricerca del settore:

- Progettazione e realizzazione di ASIC (Applied Specific Integrated Circuit) per: realizzazione in tecnologia CMOS digitale di parti di Trigger per la Fisica Nucleare (E. Gandolfi, M. Masetti); realizzazione in tecnologia GaAs di parti per Front End per esperimenti di Fisica Nucleare (in collaborazione con il Laboratorio INFN di Bologna); sensori ed applicazioni particolare (in collaborazione con l'istituto LAMEL del CNR di Bologna) (G. Zanarini);
- Studi teorici, progettazione ed applicazioni di processori Fuzzy (M. Masetti, E. Gandolfi);

- Utilizzo di reti neurali ed algoritmi genetici (R. Campanini);
- Utilizzo della logica «fuzzy» nell'analisi di sistemi complessi.

11) Fisica Bio-Medica e Sanitaria

Nel campo delle attività di ricerca del settore possono svolgersi tesi su:

- Ricerca teorica sul flusso di un fluido viscoso incompressibile in tubi elastici suscettibili di parziale collasso (F. Bonsignori).
- Aspetti matematici in problemi di propagazione di onde di interesse biomedico: dispersione, attenuazione, non linearità. Applicazioni a: onde di pressione nelle arterie, impulsi nelle fibre nervose, ultrasuoni nei tessuti (F. Mainardi),
- Meccanica teorica e biomatematica (G. Pallotti). Studio della visco-poro-piezoelasticità dei tessuti biologici; trasmissione dell'onda sfigmica nelle grandi arterie, caratteristiche dei vasi; problemi di impianto di organi interni e relativo rigetto meccanico. Problemi di pronto soccorso.
- Rilassometria magnetica nucleare in biosistemi. Le ricerche si svolgono nell'ambito di due progetti nazionali (CNR e MURST) mirati sia allo sviluppo di strumentazioni e metodologie sia alla applicazione delle tecniche, già implementate dai gruppi partecipanti, alla ricerca fondamentale in biomedicina (L. Lendinara, G. Maltoni).
- Effetti di campi magnetici ed elettromagnetici su sistemi biologici: condizioni di risonanza magnetica nucleare (102-104Hz); campi magnetici statici (10-2-1 Tesla); radio e microonde a bassa potenza; campi magnetici statici con gradiente e non; campi elettromagnetici ELF. (F. Bersani, G. Maltoni).
- Tecniche e metodologie fisiche per la medicina. Acquisizione ed analisi di segnali biomedici in tempo reale. Acquisizione e analisi di immagini biologiche e mediche. Rivelazione e dosimetria per radiazioni beta, X, gamma per valutazioni in tempo reale della distribuzione spaziale di dose (D. Bollini, D. Brini, F. Casali, C. Pallotti, P. Pettazzoni, R. Zannoli).
- Radioprotezione e fisica applicata al campo sanitario. Misure di contaminazioni radioattive in matrici ambientali. Ottimizzazione dell'impiego delle radiazioni nell'industria e nella diagnostica e terapia medica: radioprotezione dell'operatore, del paziente e della popolazione. L'attività è svolta anche con la collaborazione di alcuni enti di ricerca che si interessano del campo specifico o con il Servizio di Fisica Sanitaria degli Ospedali e delle Cliniche (G. Maltoni, D. Brini, T. Bernardi, V. Testoni).
- Tecniche e metodologie per applicazioni delle radiazioni nel campo medico e industriale. Sviluppo di rivelatori a stato solido per tomografia. Sviluppo di strumentazione e di metodologie per misure di dose per applicazioni industriali. Acquisizione e sviluppo di metodi per radiografie mediante neutroni (F. Casali).
- Fisica degli aerosol con applicazione alla fisica dell'atmosfera, a problemi ambientali e di sicurezza degli impianti tecnologici. Incorporazione degli aerosol per inalazione, applicazione all'igiene industriale ed all'aerosolterapia, Sviluppo di strumentazione per campionamento e caratterizzazione dell'inquinamento atmosferico sotto forma di particelle (G. Maltoni).

Centro di Fisica Sanitaria

Scopo del Centro è di promuovere la diffusione delle conoscenze della Fisica Applicata nel campo medico e sanitario, di contribuire al perfezionamento del personale che si dedica a questa attività e di collaborare all'aggiornamento tecnico-scientifico di quanti operano nel campo della radioprotezione e della Fisica Sanitaria ospedaliera, rappresentando anche un punto d'incontro delle ricerche nel campo.

Sono state evidenziate 3 aree di interesse per le quali sono stati costituiti comitati di consulenza di cui possono far parte anche membri esterni, dette aree sono:

- aspetti fisici della protezione da agenti nocivi,
- applicazioni della fisica alla medicina,
- studio fisico di processi biologici.

DIPARTIMENTO DI MATEMATICA

Sede:	Piazza di Porta S. Donato 5	
Orario di accesso:	da lunedì a venerdì	ore 7.30 - 19
	sabato	ore 8 - 12.30
Orario di biblioteca:	da lunedì a venerdì	ore 8.30 - 18
	sabato	ore 9 - 12

La biblioteca è dotata di circa 35.000 volumi, catalogati per collezioni o secondo la classificazione dell'American Mathematical Society. La biblioteca storica «Bortolotti» (visitabile su appuntamento) possiede un prezioso fondo di opere antiche.

Orario sala periodici: da lunedì a venerdì ore 9.30 - 16.

Il patrimonio periodici comprende 1.353 testate (delle quali 728 correnti, di cui 400 in abbonamento e 328 in scambio).

Segreteria didattica: lunedì e venerdì ore 8 - 14,
martedì, mercoledì, giovedì ore 8 - 16.30

Laboratori

Due laboratori di calcolo per gli studenti del corso di laurea in Matematica per complessivi cinquanta posti, utilizzabili anche per la battitura tesi di laurea; Laboratorio di didattica della matematica a disposizione degli studenti del corso di laurea in Matematica, dei perfezionandi in Didattica della Matematica e degli insegnanti delle scuole secondarie; Laboratorio linguistico DIAPASON a disposizione degli studenti della facoltà di Scienze MM.FF.NN.

Linee di ricerca

L'attività di ricerca del Dipartimento di Matematica si articola nei seguenti settori tra loro variamente correlati: Algebra, Teoria dei Numeri, Combinatoria, Geometria, Analisi Matematica, Fisica Matematica, Analisi Numerica, Storia della Matematica, Didattica della

Matematica.

Qui di seguito si elencano i principali argomenti di ricerca, accompagnati talvolta da maggiori specificazioni (citate tra parentesi).

1 – Algebra, Teoria dei Numeri e Combinatoria

Gruppi policiclici. Campi euclidei; corpi p -adici (algoritmo delle frazioni continue); metodi di crivello. Calcolo umbrale e sue applicazioni. Reticoli di chiusura. Combinatoria estrema (capacità di grafi orientati, ipergrafi e applicazioni nella teoria estrema degli insiemi); entropia di grafi e ipergrafi e applicazioni; partizionamento ottimo di grafi; problemi di routing in reti di trasporto.

2 – Geometria

Analisi complessa (spettri di spazi complessi, strutture simplettiche, algebre di funzioni oloediche). Geometria algebrica ed algebra commutativa (fibrati su varietà proiettive, risoluzione di ideali di curve, sezioni iperpiane di varietà, teoria dell'intersezione). Topologia algebrica (ricerca di nuovi invarianti, studio dei rivestimenti ramificati; strutture complesse su varietà quaternionali). Geometria combinatoria (matroidi, schemi combinatori, invarianti di Tutte-Grothendieck, rappresentazioni di gruppi). Piani proiettivi e strutture algebriche connesse.

3 – Topologia

Studio del significato geometrico dell'invariante di Turaev e Viro, anche alla luce del collegamento con le cristallizzazioni. Ricerca degli invarianti delle cristallizzazioni che vengono conservati attraverso introduzione-eliminazione di dipoli. Studio degli invarianti ricorsivi per grafi immersi in superficie; cristallizzazioni di varietà di Brieskorn. Definizione e studio di distanze fra funzioni di taglia; funzioni di taglia come serie formali di punti del piano. Studio di spazi di funzioni misuranti e di criteri per una loro selezione (eventualmente automatica). Uso di metodi adattativi per la classificazione di forme mediante funzioni di taglia.

4 – Analisi Matematica

Equazioni differenziali lineari e quasi lineari di tipo ellittico, parabolico iperbolico e misto. Proprietà locali, microlocali e globali delle soluzioni, analiticità, correttezza per problemi al contorno e di valori iniziali. Applicazioni alla regolarizzazione dei minimi di funzionali non regolari del calcolo delle variazioni. Calcolo delle variazioni e controllo ottimo. Equazioni differenziali lineari e semilineari in spazi di Banach, con applicazioni alle equazioni alle derivate parziali. Spazi di interpolazione, potenze frazionarie di operatori, semigruppdi di operatori. Analisi convessa e ottimizzazione in spazi di Banach.

5 – Calcolo delle Probabilità

Percolazione, campi aleatori, sistemi con potenziale aleatorio.

6 – Fisica Matematica

Termomeccanica dei mezzi continui anche in presenza di relazioni di memoria nelle equazioni costitutive. Termoelettromagnetismo in dielettrici non lineari. Propagazione

ondosa non lineare. Sistemi simmetrici iperbolici, onde d'urto, onde semplici e onde di discontinuità. Loro applicazione alla termomeccanica dei mezzi continui, anche tramite metodi numerici. Problemi matematici generati dalla superfluidità e dalla superconduttività ed equazioni costitutive connesse alla fisica delle basse temperature. Analisi spettrale e perturbativa dell'equazione di Schrödinger. Sue applicazioni alla teoria dei solidi. Approssimazione semiclassica, anche mediante metodi di analisi microlocale. Quantizzazione canonica e geometria per mappe caotiche. Aspetti della teoria dei caos quantistica. Teoria ergodica e mappe accoppiate. Meccanica statistica dei sistemi disordinati tipo vetri di spin. Integrazione approssimata delle equazioni della fisica matematica. Problemi di conversione del calore e di stabilità nei fluidi. relazioni fra relatività e meccanica quantistica. Meccanica analitica dei sistemi anolonomi. Problemi e modelli di biomatematica.

7 – Analisi Numerica

Metodi numerici per la soluzione di sistemi lineari e non lineari di grandi dimensioni, reali o complessi. Applicazione alla elaborazione di immagini e segnali biomedici e la progettazione di circuiti non lineari a microonde. Studio di metodi per la risoluzione di equazioni integrali di prima specie con nucleo compatto, costruzione di nuove funzioni-base per le trasformate wavelet e per la ricostruzione di superfici, connessione tra le trasformate classiche e le matrici «M-band wavelet». Modellizzazione geometrica: analisi e sviluppo di metodi per la resa ad alta qualità (ray-tracing) di oggetti e scene definite da superfici NURBS; analisi e sviluppo di metodi ibridi (geometrico numerico) per il calcolo delle curve di intersezione fra superfici NURBS espresse in forma parametrica su calcolatore parallelo; realizzazione di un prototipo per la composizione di oggetti 3D definiti mediante superfici trimmate di bordo NURBS. Elaborazioni di immagini: analisi e sviluppo di alcuni metodi numerici per la ricostruzione e compressione di immagini e sequenze di immagini 2D e 3D, per l'identificazione di elementi e forme in immagini e per la rappresentazione di immagini e più in generale di superfici; analisi dei metodi di regolarizzazione in problemi di approssimazione dei dati sperimentali.

8 – Storia della Matematica e Didattica della Matematica

Studio sistematico della storia della matematica bolognese anche mediante l'indagine su fondi e archivi dell'Università a cominciare dai fondi Bortolotti e Pincherle giacenti presso il Dipartimento di Matematica, per i quali si sta procedendo a catalogazione e archiviazione dei materiali; utilizzazione in chiave didattica dei principali avvenimenti della storia delle matematiche, distinguendone gli ambiti specifici a seconda del livello scolastico proposto.

Dipartimento di Medicina e Sanità Pubblica

Sede:	Via S. Giacomo, 12 - 40126 Bologna	
Orario:	dal lunedì al venerdì	8-13,15-19
	Sabato	8-12,30
Orario di biblioteca:	lunedì, martedì e giovedì	8,30-13,30 e 15-18,30

mercoledì e venerdì 8,30-13,30
Sabato chiuso

Non si effettua il servizio di fotocopie.

Linee di ricerca

Le attività di ricerca sono in linea di massima indipendenti dagli argomenti delle tesi di laurea. In relazione alle caratteristiche culturali ed alle capacità tecniche dell'interno laureando viene a questo affidata una tesi sperimentale che possa essere portata a termine tenendo conto delle disponibilità finanziarie e delle attrezzature in possesso all'Istituto.

Tesi di laurea

La scelta per l'internato della tesi di laurea viene effettuata in base al numero di esami, alla media in essi conseguita ed alle lingue conosciute. I posti disponibili variano nei vari A.A. e sono in media attorno alle 4 unità per ogni A.A.

Personale: per seguire gli allievi interni, oltre al docente ufficiale della materia si adoperano anche alcuni Assistenti ed il personale Tecnico dell'Istituto.

DIPARTIMENTO DI PATOLOGIA SPERIMENTALE

Sede: Via S. Giacomo 14

È costituito dal 1987 in seguito alla fusione degli ex Istituti (ora Sezioni) di Patologia generale e di Microbiologia e Virologia della Facoltà di Medicina. Direttore il prof. F. Stirpe, Vi operano vari docenti della Facoltà di Scienze, e molti di Medicina. Fanno capo al Dipartimento in parte i dottorati di ricerca in Patologia generale e Biologia e fisiologia cellulare.

Sezione Patologia generale. Via S. Giacomo 14.

La biblioteca è aperta nei giorni feriali (sabato escluso) dalle 9.30 alle 12.30. Non si effettuano fotocopie.

Sezione Microbiologia. Via S. Giacomo 12.

La biblioteca è aperta nei giorni feriali (sabato escluso) dalle 10 alle 12.30. Non si effettuano fotocopie.

Ricerche e Internati.

Le principali linee di ricerca sono: Meccanismi di danni cellulari prodotti da sostanze tossiche. Caratterizzazione di proteine tossiche di origine vegetale. Ricerche di immunologia. Ricerche di cancerologia. Studi sperimentali sui virus degli animali e sulle loro proprietà biochimiche e biologiche. Per le diverse linee di ricerca si usano tecniche biochimiche (in particolare per lo studio delle sintesi di proteine e acidi nucleici), colture cellulari, tecniche di morfologia convenzionale ed ultrastrutturale, tecniche epidemiologiche. Per richieste di internato rivolgersi ai docenti di Scienze: proff. L. Foà,

F. Costanzo, F. Novello-Paglianti. Maggiori dettagli sono forniti dalla Guida agli Internati a cura della Facoltà di Scienze.

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA E GEOLOGICO AMBIENTALI

Sedi: via Zamboni 67 e Piazza di Porta S. Donato, 1

SEDE DI VIA ZAMBONI, 67

Orari di accesso: 9-18
Biblioteca: 9-12 e 15-18,30

Laboratori: Micropaleontologico, fotografico, sedimentologico, chimico, geologico applicato, sala didattica di paleontologia.

Linee di ricerca

Geologia regionale e stratigrafica

Queste ricerche si svolgono dei criteri e procedimenti «classici» della geologia: rilievi sul terreno, cartografia geologica e strutturale, misurazione e ricostruzione di sezioni stratigrafiche, correlazione, analisi di facies, evoluzione paleografica e strutturale.

Nelle Alpi meridionali le ricerche su terreni e strutture del Paleozoico, Mesozoico e Terziario riguardano principalmente zone della Carnia, Friuli, Prealpi venete e Dolomiti. Nell'Appennino emiliano, romagnolo, umbro-marchigiano e abruzzese la maggior parte degli studi è orientata sulla stratigrafia del Terziario (soprattutto Neogene) e in parte anche del Mesozoico (Giurassico e Cretatico).

Geologia del territorio e applicativa

A questo settore fanno capo vari filoni, sotto elencati, che riguardano gli aspetti più pratici della geologia (anche se non tutti) in riferimento ai vari usi del territorio.

Studi sull'erosione: sono in corso su un bacino campione del bolognese; *Studi sulle falde acquifere:* attualmente interessano soprattutto le falde profonde della pianura padana;

Stabilità dei versanti: vengono studiati versanti appenninici tramite l'elaborazione di carte tematiche; *Studi di neotettonica:* ricerche sulla mobilità e le deformazioni crostali recenti (tra cui la sismicità) nell'area appenninica tra le valli del Reno e del Marecchia;

Difesa dei litorali: ricerche sulla dinamica del mare e delle spiagge in funzione del bilancio tra erosione e sedimentazione e della protezione della costa: area dell'Adriatico fra le foci del Po e Pesaro.

Parte delle ricerche sull'erosione e la stabilità dei versanti vengono condotte attraverso l'analisi di foto aeree (di cui ci si serve inoltre per definire l'utilizzazione reale dei suoli).

Un tema che sarà sviluppato nel prossimo futuro, e che costituirà oggetto di convenzione con la Regione, è quello delle ricerche sui materiali (cave e torbiere) allo scopo, tra l'altro, di individuare materiali alternativi per i vari usi costruttivi e industriali.

Paleontologia

Ricerche su: vertebrati fossili prevalentemente plio-plicistocenici; coralli del Paleozoico; brachiopodi del Paleozoico e Mesozoico; molluschi mesozoici e cenozoici; alghe calcaree mesozoiche e cenozoiche; ricerche palinologiche di età varia.

Micropaleontologia

Foraminiferi e ostracodi del Mesozoico e del Cenozoico/Quaternario; limiti dei periodi Oligo/Miocene, Mio/Pliocene, Plio/Pleistocene; studi sui briozoi terziari; radiolari pleistocenici ed attuali; foraminiferi planctonici e bentonici di carote del Mediterraneo; foraminiferi bentonici di ambienti di transizione (lagune e delta) del nord Adriatico. Ricerche sul nannoplancton. Conodonti del Paleozoico e del Trias.

Sedimentologia

Vi è da precisare che parte delle ricerche sedimentologiche si svolgono nell'ambito del settore geologico generale o regionale; il settore sedimentologico vero e proprio si occupa prevalentemente di sedimenti elastici antichi in particolare di due gruppi: torbiditi e depositi associati di mare profondo di età miocenica (Formazioni Marnoso-arenacea e della Lega nell'Appennino tosco-romagnolo-umbro e marchigiano-abruzzese, rispettivamente), e facies «di piattaforma» (marine poco profonde, deltizie, litorali, ecc.) di età pliocenica e pleistocenica nelle aree bolognese, romagnola e marchigiana (fascia pedeappenninica e intra-appenninica). Sono inoltre iniziati studi sui depositi alluvionali recenti e attuali.

Geologia marina

Queste ricerche non vengono svolte direttamente dall'Istituto, ma in collaborazione con ricercatori dell'adiacente Laboratorio di Geologia Marina del C.N.R.; vengono qui citate sia perché parte del personale dell'Istituto vi partecipa, sia perché vengono assegnate alcune tesi di laurea con l'assistenza del personale del Laboratorio.

Si tratta di studi sulla morfologia, la distribuzione e la natura dei sedimenti, la struttura superficiale dei bacini, il vulcanesimo e le mineralizzazioni dei bacini marini del Mediterraneo.

Ricerche interessanti tesi di laurea di Scienze Naturali

Tesi di laurea su argomenti di: Stratigrafia, Paleontologia stratigrafica, Paleontologia, Rilevamento geologico con ricostruzioni delle strutture e della storia geologica della regione di studio, sedimentologia territoriale e strutturale, geomorfologia e geomorfologia applicata.

Tali argomenti presuppongono un periodo di raccolta dei dati con campionature sul terreno ed una analisi di laboratorio più o meno intensiva sul materiale raccolto.

Argomenti di tesi: riguardano la geomorfologia e climatologia dell'Appennino, la idrogeologia della Pianura e del fondo-valle, inquadrandosi in linee di ricerca di eguale oggetto, svolte presso l'Istituto di Geologia e Paleontologia.

SEDE DI PIAZZA DI PORTA S. DONATO, 1

Orario di accesso: da lunedì a venerdì 8,30-13,00 e 14,30-19,00
Biblioteca da lunedì a venerdì 9,00-13,00 e 15,00-18,00

Museo «L. Bombicci»

Il museo è aperto a studenti, scuole e pubblico secondo orario esposto.

Laboratori

- di frantumazione e polverizzazione rocce e di preparazione campioni
- di separazione granulometrica e fisica di minerali
- di preparazione sezioni sottili per microscopia ottica e sezioni lucide per microsonda
- di analisi chimiche per via umida e per spettroscopia di assorbimento atomico (AAS; Perkin Elmer 5000 e 4000 con fornello a grafite)
- di analisi chimiche per fluorescenza di raggi X (XRF; spettrometro Philips PW 1480) di analisi per diffrazione di raggi X (XRD; diffrattometro Philips PW 1130; camere a polveri)
- di analisi termiche (TGA, DTG, DTA; Setaram TAG 24 in versione simmetrica) di microscopia elettronica a scansione e microanalisi (SEM-EDS; Philips SEM 515 EDAX PV9100) microscopia ottica
- di biomineralogia.

Linee di ricerca

Si rivolgono a ricerche sia di base che applicate. Per grandi tematiche, si possono raggruppare come di seguito.

Ricerche di petrologia e geochimica ignee e metamorfiche

- Studi petrologici, geochimici e isotopici di granitoidi orogenici dell'Arco Calabro e delle Alpi Orientali volti a definirne i processi genetico-evolutivi.
- Studi mineralogici, petrologici e geochimici su vulcaniti permiane, vulcaniti e plutoniti triassiche delle Alpi Meridionali.
- Studi sull'interazione crosta-metallo e su fenomeni metasomatici nel mantello superiore.
- Geochimica, petrologia e mineralogia di metapeliti di medio-alto grado metamorfico ed incluse metabasiti e ultrafermiti del Casamento Austroalpino (Nonsberg, Alpi Orientali) e dell'Arco Calabro.
- Ricerche di geochimica e petrologia su materiali di derivazione mantellica basate principalmente sullo studio di xenoliti ultrafermiti in rocce basaltiche della Provincia vulcanica Veneta e del rift dell'Etiopia.

Ricerche sul vulcanismo recente ed attivo in aree mediterranee ed extramediterranee

- Vulcanismo esplosivo mediterraneo e tefrocronologia marina: caratterizzazione

petrochimica dei più rilevanti eventi esplosivi avvenuti negli ultimi 100 ka nelle aree peritirreniche e relazioni intercorrenti fra questi episodi e i relativi livelli piroclastici presenti nei sedimenti marini del Mediterraneo centrale.

- Vulcanismo sottomarino: caratterizzazione bati-morfologica, strutturale e vulcanologica dei settori sommersi dell'area eoliana, dell'area antistante il complesso etneo, del Canale di Sicilia. Confronti con le successioni vulcaniche subaeree.
- Vulcanismo dell'isola di Milos (Arco Egeo): caratterizzazione petrochimica e stratigrafica delle principali unità domiche e meccanismi deposizionali di eventi esplosivi in ambiente subaereo e subacqueo.
- Vulcanismo miocenico alcalino del Sirwa (Alto Atlante, Marocco): rilevamento di coltri ignimbricliche e corpi domici e loro caratterizzazione petrologica.
- Vulcanismo attuale della penisola della Kamchatka (Russia): contributo allo studio dei «magmi andesitici» e delle loro modalità eruttive.
- Studio mineralogico-geochimico di tefra in sedimenti dei laghi craterici di Albano e Nemi: progetto interdisciplinare volto a ricostruire le condizioni climatiche degli ultimi 20 ka nell'Italia Centrale.

Ricerche di petrologia, mineralogia e geochimica sedimentarie

- Petrografia/mineralogia di rocce classiche grossolane (arenarie e conglomerati) per la ricostruzione della loro provenienza, del sistema di dispersione dei sedimenti e della paleografia/paleotettonica.
- Studio del concrezionamento diagenetico in vari tipi di bacini sedimentari: geometrie, geochimica, tempistica della precipitazione dei minerali autigeni.
- Applicazioni del metodo isotopico $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ a problemi cronostatigrafici e paleoceanografici nei depositi neogenici del Mar Mediterraneo.
- Mineralogia e geochimica di sedimenti appenninici.
- Caratteristiche cristallografiche e proprietà delle argille curative.
- Materie prime per manufatti ceramici di interesse archeologico e storico.
- Individuazione degli affioramenti e significato geologico di livelli vulcano-sedimentari nelle successioni politiche oligomioceniche dell'Appennino settentrionale.
- Possibili utilizzazioni pratiche di materiali vulcano-sedimentari oligomiocenici (bentoniti, vetri vulcanici alterati, phillipsiti ricche in bario e analcime) dell'Appennino settentrionale.
- Contributo alla conoscenza dei cambiamenti globali di clima nel quaternario attraverso lo studio dei componenti mineralogici argillosi nei sedimenti lacustri.

Ricerche di geochimica e geochimica isotopica

- Analisi isotopiche dello zolfo in acque termali delle Isole Eolie: origine dello zolfo e significato vulcanologico del parametro isotopico.
- Applicazioni di geochimica isotopica per la caratterizzazione degli ambienti deposizionali, diagenetici e metamorfici di rocce carbonatiche della Falda Toscana e del Complesso Metamorfico Apuano.
- Analisi isotopica dell'ossigeno nel solfato, ed applicazione del geotermometro isotopico solfato-acqua a sistemi termali e geotermici.
- Caratterizzazione geochimica di rocce sedimentarie mesozoiche e cenozoiche degli

Appennini settentrionali, di sedimenti marini subattuali (Mar Adriatico) e di sedimenti lacustri (laghi di Albano e Nemi, Colli Albani) coevi.

- Studi sulla distribuzione e circolazione degli elementi chimici nell'ambiente supergenico finalizzati alla valutazione delle condizioni ambientali ed alla costruzione di carte geochimiche.

Ricerche archeometriche e di petroarcheometria

- Ricerche su manufatti litici e ceramici di interesse archeologico e storico. Sono volte alla comparazione, con metodi petrografici, geochimici e mineralogici, di materiali archeologici e naturali, per individuare le fonti di provenienza dei primi e per definire strategie di rifornimento, commercio, scambio, produzione.
- Pietra levigata neolitica, in particolare, eclogiti e altre metaofioliti dominanti il quadro tra Neolitico e Bronzo in Italia settentrionale.
- Maioliche rinascimentali e ceramiche romane ed etrusche.
- Selci alpine tra epigravettiano e neolitico.
- Marmi e altre pietre nella statuaria eneolitica e nell'uso romano in Trentino-Alto Adige.
- Scorie metallurgiche dell'età del Rame e del tardo Bronzo in Trentino.
- Ricerche su materiale edilizio usato nella Bologna medievale e rinascimentale: sabbie, malte, materiali litoidi.

Ricerche di cristallochimica e spettroscopia su minerali naturali e materiali di sintesi

- Studi cristallochimici di fillosilicati (biotiti, cloriti, clintoniti e muscoviti).
- Caratterizzazione spettroscopica (EELS e EDS) e cristallochimica di sistemi mineralogici e materiali tecnologici (cermici, compositi, ecc.).
- Determinazione degli stati di ossidazione in minerali naturali e di sintesi, relazioni di coordinazione, analisi delle bande di valenza.

Ricerche di cristallochimica e mineralogia sistematica

- Studi di fasi legate a skarns e idrotermalismo.
- Controllo e studio dei materiali del Museo.

Ricerche biomineralogiche

- Studio dei tessuti mineralizzati del corpo umano, finalizzato alla caratterizzazione delle mineralizzazioni patologiche e fisiologiche ed allo studio di biomateriali a base minerale per usi protesici e ristrutturativi.

Nei vari settori e tematiche di ricerca sono attive collaborazioni con Università italiane (altri dipartimenti ed istituti di Bologna, Bari, Basilicata, Calabria, Catania, Ferrara, Genova, Messina, Modena, Padova, Palermo, Parma, Pavia, Pisa, Roma, Trento, Trieste, Venezia) e straniere (Austin, Basilea, Berkeley, Budapest, Edimburgo, Gif sur Yvette, Granada, Liverpool, Los Angeles, Martinica, Montpellier, Montreal, Ottawa, Praga, Salonicco, Sophia Antipolis, Stanford, Timisoara, Tucson, ETH Zurigo, Marocco); istituti CNR (Bologna, Catania, Faenza, Pallanza, Pisa); ENEA; Centri Ospedalieri; tendenze

Archeologiche (Trento) e Musei (Roma, Trento, Udine); Centro Ettore Majorana di Erice.

Tesi di laurea

Usualmente per studenti di Scienze Geologiche, Scienze Naturali, Scienze Ambientali e Farmacia sugli argomenti sopra elencati.

ISTITUTI CHE INTERESSANO GLI STUDENTI DELLA FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI

ISTITUTO DI ANATOMIA UMANA NORMALE (FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA)

Sede: Via Irnerio, 48 - 40126 Bologna
Orario: dal lunedì al venerdì 9-12 e 15-18
Biblioteca: interna, aperta solo ai componenti dell'Istituto ed agli allievi interni.

Attività didattica

Corsi di lezioni di Anatomia umana per la Facoltà di Scienze MM.FF.NN.:

- Scienze naturali, docente prof. I. Galliani,
- Scienze biologiche: docente prof. G. Giuliani-Piccari Scarpa,

Linee di ricerca

Prof. I. Galliani: Modificazioni strutturali del tessuto osseo. Osservazioni al Microscopio ottico ed al Microscopio elettronico delle meningi encefaliche nelle fasi di sviluppo e loro variazioni. Osservazioni istologiche ed istochimiche sul colon umano.

Prof. G. Giuliani-Piccari: Studi morfogenetici dell'apparato locomotore dell'Uomo, Studi strutturali ed ultrastrutturali del parenchima di alcuni organi umani in condizioni normali e patologiche.

Tesi di laurea

Si preparano tesi sperimentali ad indirizzo morfologico che comportano da parte dell'allievo l'acquisizione di capacità operative ed interpretative nell'ambito della microscopia ottica, della microscopia elettronica e dell'istochimica.

Regolamento per l'internato

Sono ammessi all'internato gli studenti che abbiano sostenuto almeno 7 esami, compreso quello di Anatomia umana, e che siano a conoscenza della lingua inglese. Il numero di studenti ammessi viene stabilito di anno in anno in base al regolamento ed all'elenco redatto dal Consiglio di corso di laurea, cui si rimanda lo studente.

Indice analitico

Informazioni generali	7
Normativa di segreteria	11
Corso di Laurea in ASTRONOMIA	
Riordino	19
Programmi dei corsi	
ANALISI MATEMATICA I	23
ANALISI MATEMATICA II	23
ASTROFISICA	24
ASTROFISICA NUCLEARE E SUBNUCLEARE	24
ASTROFISICA TEORICA	25
ASTRONOMIA I	26
ASTRONOMIA II	27
CHIMICA	27
CHIMICA FISICA	28
COMPLEMENTI DI ASTROFISICA	29
COSMOLOGIA	30
ESPERIMENTAZIONI DI FISICA I	30
ESPERIMENTAZIONI DI FISICA II	31
FISICA DELLE GALASSIE	32
FISICA GENERALE I	33
FISICA GENERALE II	34
FISICA SPAZIALE	35
FISICA STELLARE	36
GEOMETRIA	36
ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA	37
ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA	38
LABORATORIO DI ASTRONOMIA	39
LABORATORIO DI RADIOASTRONOMIA	40
LABORATORIO DI TECNICHE ASTROFISICHE	41
MECCANICA CELESTE	41
METODI MATEMATICI DELL' ASTRONOMIA	42
PLANETOLOGIA	43
RADIOASTRONOMIA	43
STORIA DELL' ASTRONOMIA	44
STRUTTURA DELLA MATERIA	45
TEORIA E TECNICHE DI ELABORAZIONE DELL'IMMAGINE	46
Corso di Laurea in BIOTECNOLOGIE	
Introduzione	51
Corso di Laurea in CHIMICA	
Introduzione al Vecchio Ordinamento	65
Introduzione al Nuovo Ordinamento	70
Introduzione al Riordinamento	82
Programmi dei corsi	
BIOPOLIMERI	93
CHIMICA ANALITICA (1° CORSO)	93
CHIMICA ANALITICA (2° CORSO)	94
CHIMICA ANALITICA STRUMENTALE	95
CHIMICA BIOINORGANICA	95
CHIMICA BIOLOGICA (1° CORSO)	96
CHIMICA BIORGANICA	97
CHIMICA COMPUTAZIONALE	97
CHIMICA DEI MATERIALI CON LABORATORIO	98
CHIMICA DELL'AMBIENTE	98
CHIMICA DELLE RADIAZIONI	99
CHIMICA DELLO STATO SOLIDO	100
CHIMICA DELLE SOSTANZE ORGANICHE NATURALI	101
CHIMICA E TECNOLOGIA DEI POLIMERI	102
CHIMICA FISICA (INDIRIZZO APPLICATIVO)	102
CHIMICA FISICA (INDIRIZZO SCIENZE MOLECOLARI)	103
CHIMICA FISICA (1° CORSO)	104
CHIMICA FISICA (2° CORSO)	104
CHIMICA FISICA (3° CORSO)	105
CHIMICA FISICA (4° CORSO)	106
CHIMICA FISICA AMBIENTALE	106

CHIMICA FISICA DELLO STATO SOLIDO E DELLE SUPERFICI	107
CHIMICA GENERALE ED INORGANICA	108
CHIMICA INORGANICA (INDIRIZZO SCIENZE MOLECOLARI)	109
CHIMICA INORGANICA (1° CORSO)	109
CHIMICA INORGANICA (2° CORSO)	110
CHIMICA INORGANICA (3° CORSO)	111
CHIMICA MACROMOLECOLARE	111
CHIMICA METALLORGANICA	112
CHIMICA ORGANICA (1° CORSO)	113
CHIMICA ORGANICA (2° CORSO)	113
CHIMICA ORGANICA (3° CORSO)	114
CHIMICA ORGANICA (4° CORSO)	114
CHIMICA ORGANICA APPLICATA	115
CHIMICA PER I BENI CULTURALI	116
CHIMICA SUPRAMOLECOLARE	116
CHIMICA TEORICA	117
CINETICA CHIMICA E DINAMICA MOLECOLARE	118
CROMATOGRAFIA	118
ELETTROCHIMICA	119
FISICA GENERALE (1° CORSO)	120
FISICA GENERALE (2° CORSO)	121
FOTOCHEMICA	121
ISTITUZIONI DI MATEMATICHE (1° CORSO)	122
ISTITUZIONI DI MATEMATICHE (2° CORSO)	123
LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA (1° CORSO)	123
LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA (2° CORSO)	124
LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA (3° CORSO)	124
LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA (4° CORSO)	125
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA (INDIRIZZO APPLICATIVO)	126
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA (INDIRIZZO SCIENZE MOLECOLARI)	126
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA (1° CORSO)	127
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA (2° CORSO)	128
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA (3° CORSO)	128
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA (4° CORSO)	129
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA AMBIENTALE	130
LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE ED INORGANICA	130
LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA (INDIRIZZO SCIENZE MOLECOLARI)	131
LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA (1° CORSO)	132
LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA (2° CORSO)	132
LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA (3° CORSO)	133
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA (1° CORSO)	134
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA (2° CORSO)	134
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA (3° CORSO)	135
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA (4° CORSO)	135
LABORATORIO DI FISICA GENERALE	136
LABORATORIO DI PROGRAMMAZIONE E CALCOLO	137
MECCANISMI DI REAZIONE IN CHIMICA INORGANICA	138
METODI FISICI IN CHIMICA ORGANICA	138
MINERALOGIA	139
RADIOCHIMICA	140
SINTESI E TECNICHE SPECIALI INORGANICHE	140
SINTESI E TECNICHE SPECIALI ORGANICHE	141
SPETTROSCOPIA MOLECOLARE (IND. SCIENZE MOLECOLARI)	142
STRUTTURISTICA CHIMICA	142

Corso di Laurea in FISICA

Introduzione all'Ordinamento Riformato	147
Programmi dei corsi	
ACQUISIZIONE ED ANALISI DI DATI DELLA FISICA	157
ANALISI MATEMATICA I	157
ANALISI MATEMATICA II	158
ARCHITETTURA DEGLI ELABORATORI	159
ASTROFISICA	160
BIOFISICA	161
CHIMICA	162
CLIMATOLOGIA E METEOROLOGIA	162
COMPLEMENTI DI FISICA	163
DIDATTICA DELLA FISICA	164
ELETTRONICA	165
ESPERIMENTAZIONI DI FISICA I	165
ESPERIMENTAZIONI DI FISICA II	167
ESPERIMENTAZIONI DI FISICA III	168
FISICA BIOMEDICA	169
FISICA COSMICA	170
FISICA DEI DISPOSITIVI ELETTRONICI	170
FISICA DEI MATERIALI	171
FISICA DEI METALLI	172
FISICA DELL'ATMOSFERA	173
FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI	174
FISICA DELLO STATO SOLIDO	175
FISICA GENERALE I	176
FISICA GENERALE II	176
FISICA MATEMATICA	177
FISICA NUCLEARE	178

FISICA SUBNUCLEARE	179
FISICA SUPERIORE	180
FISICA TEORICA	181
FISICA TERRESTRE	182
GEODESIA	183
GEOFISICA	184
GEOMETRIA	185
ISTITUZIONI DI FISICA NUCLEARE E SUBNUCLEARE	185
ISTITUZIONI DI FISICA TEORICA	186
LABORATORIO DI FISICA DEI DISPOSITIVI ELETTRONICI	187
LABORATORIO DI FISICA DELLA MATERIA	188
LABORATORIO DI FISICA NUCLEARE E SUBNUCLEARE	189
LABORATORIO DI FISICA SANITARIA	191
LABORATORIO DI GEOFISICA	191
MECCANICA RAZIONALE CON ELEMENTI DI MECCANICA STATISTICA	192
MECCANICA STATISTICA	193
METODI FISICI DELLA BIOLOGIA	194
METODI MATEMATICI DELLA FISICA	194
METODI MATEMATICI DELLA FISICA	195
OCEANOGRAFIA FISICA	196
OTTICA ELETTRONICA	197
PREPARAZIONE DI ESPERIENZE DIDATTICHE	197
RELATIVITÀ	199
SISMOLOGIA TEORICA	200
SISTEMI DINAMICI	201
SPETTROSCOPIA DELLO STATO SOLIDO	202
STORIA DELLA FISICA	203
STRUTTURA DELLA MATERIA	204
TEORIA DEI CAMPI	205
TEORIA DEI SISTEMI A MOLTI CORPI	206
TEORIA QUANTISTICA DEI MATERIALI	208
TETTONOFISICA	208
Corso di Laurea in INFORMATICA	
Introduzione	213
Programmi dei corsi	
ALGORITMI E STRUTTURE DATI	219
ANALISI MATEMATICA I	220
ANALISI MATEMATICA II	220
ANALISI NUMERICA	221
ARCHITETTURA DEGLI ELABORATORI	222
BASI DI DATI E SISTEMI INFORMATIVI	223
CALCOLO DELLE PROBABILITÀ E STATISTICA MATEMATICA	223
CRITTOGRAFIA	225
ELABORAZIONE DI IMMAGINI	226
FISICA GENERALE I	226
FISICA GENERALE II	226
INFORMATICA TEORICA	227
INGEGNERIA DEL SOFTWARE	228
INTELLIGENZA ARTIFICIALE	229
INTERAZIONE UOMO-MACCHINA	230
LABORATORIO DI INFORMATICA 1	231
LABORATORIO DI INFORMATICA 2	231
LABORATORIO DI INFORMATICA 3	232
LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE	233
LOGICA MATEMATICA	233
MATEMATICA COMPUTAZIONALE	234
MATEMATICA DISCRETA	235
METODI DI APPROSSIMAZIONE	235
METODI FORMALI DELL'INFORMATICA I	236
METODI FORMALI DELL'INFORMATICA II	237
METODI NUMERICI PER LA GRAFICA	238
PROGRAMMAZIONE	239
RICERCA OPERATIVA	239
SISTEMI DI ELABORAZIONE 1	240
SISTEMI DI ELABORAZIONE 2	241
SISTEMI DI ELABORAZIONE 3	241
SISTEMI DI ELABORAZIONE 4	242
SISTEMI OPERATIVI	242
SISTEMI PER LA PROGETTAZIONE AUTOMATICA	243
TEORIA DELL'INFORMAZIONE	243
Corso di Laurea in MATEMATICA	
Introduzione al Vecchio Ordinamento	247
Introduzione al Nuovo Ordinamento	250
Programmi dei corsi	
ALGEBRA	257
ALGEBRA SUPERIORE I MODULO	258
ALGEBRA SUPERIORE II MODULO	259
ANALISI FUNZIONALE I MODULO	259

ANALISI FUNZIONALE II MODULO	260
ANALISI MATEMATICA I	260
ANALISI MATEMATICA II	260
ANALISI NUMERICA	261
ANALISI SUPERIORE	262
BIOMATEMATICA	262
CALCOLO DELLE PROBABILITÀ I MODULO	263
CALCOLO DELLE PROBABILITÀ II MODULO	263
CALCOLO DELLE VARIAZIONI I MODULO	264
CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE I MODULO	264
CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE II MODULO	265
CRITICA DEI PRINCIPI I MODULO	265
DIDATTICA DELLA MATEMATICA I e II MODULO	266
FISICA GENERALE I	267
FISICA GENERALE II	268
FISICA MATEMATICA I MODULO	269
FISICA MATEMATICA II MODULO	269
GEOMETRIA ALGEBRICA I MODULO	270
GEOMETRIA ALGEBRICA II MODULO	271
GEOMETRIA DIFFERENZIALE I MODULO	271
GEOMETRIA DIFFERENZIALE II MODULO	271
GEOMETRIA I	272
GEOMETRIA II	273
GEOMETRIA SUPERIORE I e II MODULO	273
ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE I e II MODULO	273
ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE I MODULO	274
ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE II MODULO	275
ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA I MODULO	276
ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA II MODULO	276
ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA I e II MODULO	277
ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE I MODULO	278
ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE II MODULO	278
MATEMATICA PER LE APPLICAZIONI ECONOMICHE E FINANZIARIE I e II MODULO	279
MATEMATICHE COMPLEMENTARI I MODULO	279
MATEMATICHE COMPLEMENTARI II MODULO	280
MATEMATICHE ELEMENTARI DA UN PUNTO DI VISTA SUPERIORE I MODULO	281
MATEMATICHE ELEMENTARI DA UN PUNTO DI VISTA SUPERIORE II MODULO	281
MECCANICA DEI CONTINUI I e II MODULO	281
MECCANICA RAZIONALE	281
MECCANICA SUPERIORE I MODULO	282
MECCANICA SUPERIORE II MODULO	283
METODI DI APPROSSIMAZIONE I MODULO	283
METODI DI APPROSSIMAZIONE II MODULO	284
METODI E MODELLI MATEMATICI PER LA APPLICAZIONI I e II MODULO	284
METODI MATEMATICI E STATISTICI I MODULO	284
METODI MATEMATICI E STATISTICI II MODULO	285
RICERCA OPERATIVA I MODULO	285
SPAZI ANALITICI I MODULO	285
SPAZI ANALITICI II MODULO	286
STATISTICA MATEMATICA I e II MODULO	286
TEORIA DELLE FUNZIONI	286
TEORIA ED APPLICAZIONE DELLE MACCHINE CALCOLATRICI	286
TEORIA MATEMATICA DEL CONTROLLO I e II MODULO	287
TOPOLOGIA ALGEBRICA I MODULO	288

Corso di Laurea in SCIENZE AMBIENTALI

Introduzione	291
Programmi dei corsi	
AEROFOTOINTERPRETAZIONE E TELERILEVAMENTO	297
BIOCHIMICA DEGLI ORGANISMI MARINI	298
BIOLOGIA DELLA PESCA E DELL'ACQUACOLTURA	299
BIOLOGIA I	299
BIOLOGIA II	300
BIOTECNOLOGIA MARINA	301
CHIMICA ANALITICA	302
CHIMICA DEL TERRENO	304
CHIMICA DELL'AMBIENTE	304
CHIMICA DELLE SOSTANZE NATURALI MARINE	305
CHIMICA FISICA	305
CHIMICA GENERALE ED INORGANICA	307
CHIMICA ORGANICA	307
CLIMATOLOGIA E METEOROLOGIA	309
DINAMICA DELLE GRANDI MASSE	310
DIRITTO E LEGISLAZIONE DELL'AMBIENTE	310
ECOLOGIA	311
ECOLOGIA APPLICATA	312
ECONOMIA DELL'AMBIENTE	313
EVOLUZIONE DELLE COSTE E DELLA PIATTAFORMA CONTINENTALE	314
FISICA GENERALE I	315
FISICA GENERALE II	316
FISICA TERRESTRE	317
FISIOLOGIA DEGLI ORGANISMI MARINI	318
FONDAMENTI DI ANALISI DI SISTEMI ECOLOGICI	318

GENETICA	319
GEOCHIMICA	320
GEOFISICA MARINA	320
GEOLOGIA MARINA	322
GEOPEDOLOGIA	322
IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA	323
INQUINAMENTO E DEPURAZIONE DELL'AMBIENTE MARINO	324
ISTITUZIONI DI MATEMATICA I	325
ISTITUZIONI DI MATEMATICA II	325
LABORATORIO DI ANALISI CHIMICA	325
LABORATORIO DI ECOLOGIA APPLICATA	326
LABORATORIO DI FISICA	327
LABORATORIO DI GEOPEDOLOGIA	328
LABORATORIO DI STRUMENTAZIONE OCEANOGRAFICA	329
LIMNOLOGIA	331
LITOLOGIA E GEOLOGIA	331
METODI E TECNICHE DI DISINQUINAMENTO	333
METODI PROBABILISTICI E PROCESSI STOCASTICI	333
MICROBIOLOGIA	334
MICROBIOLOGIA MARINA	335
OCEANOGRAFIA BIOLOGICA	336
OCEANOGRAFIA CHIMICA	336
OCEANOGRAFIA E METEOROLOGIA	337
PIANIFICAZIONE ED ASSETTO DEL TERRITORIO	338
PLANTOLOGIA	338
POLITICA ECONOMICA DELL'AMBIENTE	339
PRINCIPI DI VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE	339
PROTEZIONE DELL'AMBIENTE MARINO	340
RADIOATTIVITÀ	340
REGIME E PROTEZIONE DEI LITORALI	341
SEDIMENTOLOGIA	341
SISTEMATICA DEGLI ORGANISMI VEGETALI MARINI	342
SISTEMATICA VEGETALE	343
STRATIGRAFIA MARINA	344
TEORIA E APPLICAZIONE DELLE MACCHINE CALCOLATRICI	345
TOSSICOLOGIA E CONTROLLO DEGLI INQUINANTI	345
TUTELA DEI PARCHI E DELLE RISORSE NATURALI	347

Corso di Laurea in SCIENZE BIOLOGICHE

Introduzione	351
Programmi dei corsi	
ANATOMIA COMPARATA (A-L)	361
ANATOMIA COMPARATA (M-Z)	362
ANATOMIA UMANA E FISIOLOGIA GENERALE I (Corso Integrato)	363
ANATOMIA UMANA E FISIOLOGIA GENERALE II (Corso integrato)	364
ANTROPOLOGIA	365
ANTROPOMETRIA ED ERGONOMIA	366
BIOCHIMICA E BIOLOGIA MOLECOLARE DELLA CELLULA	366
BIOCHIMICA II, METODOLOGIE BIOCHIMICHE E LABORATORIO DI BIOCHIMICA (Corso Integrato)	368
BIOFISICA E FISIOLOGIA CELLULARE (Corso Integrato)	369
BIOLOGIA MOLECOLARE II, BIOFISICA APPLICATA e LABORATORIO DI BIOLOGIA MOLECOLARE (Corso Integrato)	372
BIOLOGIA DELLO SVILUPPO, GENETICA DELLO SVILUPPO (Corso integrato)	372
BIOMETRIA	374
BIOSISTEMATICA VEGETALE	374
BOTANICA E FISIOLOGIA VEGETALE (Corso Integrato)	374
BOTANICA EVOLUZIONISTICA	375
BIOSISTEMATICA VEGETALE	376
CHIMICA BIOLOGICA E BIOLOGIA MOLECOLARE (Corso Integrato)	377
CHIMICA FISICA E LABORATORIO DI CHIMICA (Corso Integrato)	378
CHIMICA GENERALE ED INORGANICA	380
CHIMICA ORGANICA	380
CITOCHEMICA ED ISTOCHEMICA	381
CITOLOGIA ANIMALE	381
CITOLOGIA ED ISTOLOGIA	382
ECOLOGIA	383
ECOLOGIA APPLICATA	384
ECOLOGIA UMANA	385
ECOLOGIA VEGETALE	386
ENTOMOLOGIA	386
FARMACOLOGIA	386
FISICA	387
FISIOLOGIA GENERALE II	388
FOTOBIOLOGIA	389
GENETICA	390
GENETICA DI POPOLAZIONI E BIOLOGIA UMANA (Corso Integrato)	390
GENETICA II, GENETICA MOLECOLARE, LABORATORIO DI GENETICA MOLECOLARE (Corso Integrato)	392
GENETICA QUANTITATIVA	394
GENETICA VEGETALE	394
IDROBIOLOGIA E PESCI-COLTURA	395
IGIENE	396
IGIENE AMBIENTALE	396

ISTITUZIONI DI MATEMATICHE	397
LABORATORIO DI BIOLOGIA COMPUTAZIONALE I	397
LABORATORIO DI BIOLOGIA COMPUTAZIONALE I	397
LABORATORIO DI BIOLOGIA COMPUTAZIONALE II	398
LABORATORIO DI BIOLOGIA COMPUTAZIONALE II	398
LABORATORIO DI BIOLOGIA SPERIMENTALE I	398
LABORATORIO DI BIOLOGIA SPERIMENTALE II	399
LABORATORIO DI BIOLOGIA UMANA APPLICATA (I semestre)	399
LABORATORIO DI BIOLOGIA UMANA APPLICATA (II semestre)	399
LABORATORIO DI FISICA E METODI MATEMATICI E STATISTICI (Corso Integrato)	400
LABORATORIO DI FISIOLOGIA E LABORATORIO DI PATOLOGIA (Corso Integrato)	401
LABORATORIO ECOLOGICO	401
MICROBIOLOGIA APPLICATA E TECNICHE MICROBIOLOGICHE (Corso Integrato)	402
MICROBIOLOGIA GENERALE	403
NEUROBIOLOGIA	404
PATOLOGIA GENERALE	405
PATOLOGIA VEGETALE	405
ZOOLOGIA	406
ZOOLOGIA II	407
ZOOLOGIA APPLICATA	408

Corso di Laurea in SCIENZE DELL'INFORMAZIONE Sede di Cesena

Introduzione	411
Programmi dei corsi	
ALGEBRA	413
ALGORITMI E STRUTTURE DATI	414
ANALISI MATEMATICA I	414
ANALISI MATEMATICA II	414
ANALISI NUMERICA	415
CALCOLO DELLE PROBABILITÀ E STATISTICA (CPS)	416
CALCOLO NUMERICO	416
DOCUMENTAZIONE AUTOMATICA	418
ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE	419
ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE NON NUMERICA	420
ELABORAZIONE DI IMMAGINI	420
ELETTRONICA	421
FISICA I	422
FISICA II	424
FISICA NUMERICA	425
GEOMETRIA	426
LINGUAGGI SPECIALI DI PROGRAMMAZIONE	427
METODI DI APPROSSIMAZIONE	427
METODI PER IL TRATTAMENTO DELL'INFORMAZIONE (MTI)	427
RICERCA OPERATIVA E GESTIONE AZIENDALE	428
SISTEMI PER L'ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE I	429
SISTEMI PER L'ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE II	430
TECNICHE DI PROGETTAZIONE AUTOMATICA	431
TECNICHE NUMERICHE E ANALOGICHE	432
TECNICHE SPECIALI DI ELABORAZIONE	432
TEORIA DEI GRAFI	433
TEORIA DELL'INFORMAZIONE E DELLA TRASMISSIONE	434
TEORIA E APPLICAZIONE DELLE MACCHINE CALCOLATRICI	435
TEORIA E METODI DELL'OTTIMIZZAZIONE	436
TRATTAMENTO DELL'INFORMAZIONE NELL'IMPRESA	436

Corso di Laurea in SCIENZE GEOLOGICHE

Introduzione al Nuovo Ordinamento	441
Programmi dei corsi	
CHIMICA GENERALE ED INORGANICA CON ELEMENTI DI ORGANICA	447
COMPLEMENTI DI GEOLOGIA APPLICATA	448
ESPLORAZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO	449
ESTIMO	449
FISICA DELLA TERRA SOLIDA	450
FISICA SPERIMENTALE I PARTE	450
FISICA SPERIMENTALE II PARTE	451
FISICA TERRESTRE	452
FOTOGEOLOGIA	453
GEOCHIMICA	454
GEOCHIMICA APPLICATA	455
GEODINAMICA	455
GEOFISICA MARINA	456
GEOFISICA MINERARIA	456
GEOGRAFIA FISICA	456
GEOLOGIA APPLICATA	457
GEOLOGIA DEL CRISTALLINO	458
GEOLOGIA I	459
GEOLOGIA II	460
GEOLOGIA MARINA	461
GEOLOGIA REGIONALE	462
GEOLOGIA STRATIGRAFICA	462
GEOLOGIA STRUTTURALE	463

GEOMORFOLOGIA	464
GIACIMENTI MINERARI	465
IDROGEOLOGIA	466
ISTITUZIONI DI MATEMATICHE I	467
ISTITUZIONI DI MATEMATICHE II	468
LABORATORIO DI GEOLOGIA 1	469
LABORATORIO DI GEOLOGIA 2	470
LABORATORIO DI MINERALOGIA	471
LABORATORIO DI PALEONTOLOGIA	472
LABORATORIO DI PETROGRAFIA	473
MICROPALEONTOLOGIA	474
MINERALOGIA	475
MINERALOGIA APPLICATA	475
PALEOECOLOGIA	476
PALEONTOLOGIA	477
PALEONTOLOGIA II	478
PETROGRAFIA	479
PETROGRAFIA APPLICATA	480
PETROGRAFIA DEL SEDIMENTARIO	480
PETROLOGIA	481
RILEVAMENTO GEOLOGICO	482
RILEVAMENTO GEOLOGICO	483
RILEVAMENTO GEOLOGICO TECNICO	484
SEDIMENTOLOGIA	485
SISMOLOGIA	485
SPELEOLOGIA	486
VULCANOLOGIA	487

Corso di Laurea in SCIENZE NATURALI

Introduzione al Nuovo Ordinamento	491
Programmi dei corsi	
ANATOMIA COMPARATA	499
ANATOMIA UMANA	500
ANTROPOLOGIA	501
ASTRONOMIA	501
BIOGEOGRAFIA	502
BIOLOGIA E SISTEMATICA DELLE ALGHE	503
BIOLOGIA GENERALE	503
BOTANICA	504
BOTANICA SISTEMATICA	505
CHIMICA GENERALE ED INORGANICA	506
CHIMICA ORGANICA	507
CITOLOGIA ED ISTOLOGIA	508
CONSERVAZIONE DELLA NATURA E DELLE SUE RISORSE	508
CORSO INTRODUTTIVO DI SCIENZE BIOLOGICHE	508
CORSO INTRODUTTIVO INTEGRATO DI SCIENZE DELLA TERRA	510
DIDATTICA DELLE SCIENZE NATURALI	511
ECOLOGIA	512
ECOLOGIA UMANA	513
ENTOMOLOGIA	514
FISICA	514
FISIOLOGIA COMPARATA	515
FISIOLOGIA GENERALE	516
FISIOLOGIA VEGETALE	517
GENETICA	517
GENETICA DELLE POPOLAZIONI	518
GEOBOTANICA	518
GEOGRAFIA	519
GEOGRAFIA FISICA	520
GEOLOGIA	521
GEOLOGIA AMBIENTALE	522
IDROBIOLOGIA	523
ISTITUZIONI DI MATEMATICHE	524
MICROPALEONTOLOGIA	525
MINERALOGIA	526
PALEONTOLOGIA	526
PETROGRAFIA	527
SEDIMENTOLOGIA E REGIME DEI LITORALI	528
SISTEMATICA E FILOGENESI ANIMALE	530
ZOOECOLOGIA E PROTEZIONE DELLA FAUNA	531
ZOOLOGIA	531

Dipartimenti ed altre strutture scientifiche che interessano gli Studenti della Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali	533
--	------------

Indice analitico	565
-------------------------	------------