

**CORSO DI LAUREA IN FISICA**  
**Corsi e programmi a.a. 2006/2007**

**ALGEBRA LINEARE**

*Docente:* Prof. CATENACCI Roberto

*e-mail:* [roberto.catenacci@mfn.unipmn.it](mailto:roberto.catenacci@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 6

*Anno:* 1

*Periodo di insegnamento:* 2

*Codice della disciplina:* S0140

*Programma del corso e testi consigliati:*

Programma

Modalità d'esame: sono previste una prova scritta e una orale.

Spazi vettoriali reali e complessi, generatori e basi, sottospazi e operazioni tra gli stessi, piani e rette nel piano e nello spazio, prodotto scalare e prodotto hermitiano. Applicazioni lineari e matrici associate, determinante, rango e traccia, nucleo e immagine, cambiamenti di base. Teoria dei sistemi lineari. Alcune classi notevoli di matrici e loro proprietà Autovalori e autovettori, diagonalizzazione delle matrici simmetriche e hermitiane, polinomio caratteristico, teorema di Cayley-Hamilton e sue applicazioni. Geometria euclidea: Forme bilineari e forme quadratiche. Diagonalizzazione delle forme quadratiche. Prodotti scalari.

Testi consigliati

Il testo sarà indicato a lezione

Appunti del docente

**ANALISI MATEMATICA I**

*Docente:* Prof. GASTALDI Fabio

*e-mail:* [fabio.gastaldi@mfn.unipmn.it](mailto:fabio.gastaldi@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 8

*Anno:* 1

*Periodo di insegnamento:* 1

*Codice della disciplina:* S0136

*Programma*

Il corso si compone di lezioni teoriche e di esercitazioni pratiche. L'esame consta di una prova scritta e di una orale.

Argomenti trattati:

Funzioni reali di variabile reale: terminologia, operazioni e loro effetto sui grafici, composizione; funzioni inverse ed esempi relativi.

Limite di una funzione reale di variabile reale; limite destro e sinistro.

Limiti e operazioni algebriche; teoremi di permanenza del segno e dei due carabinieri.

Limiti notevoli; limiti infiniti; limiti di funzioni monotone.

Funzioni continue; continuità e operazioni algebriche, permanenza del segno.

Continuità e composizione; cambiamento di variabile nei limiti.

Derivata; derivata destra e sinistra.

Esempi di funzioni derivabili; continuità delle funzioni derivabili.

Derivate e operazioni algebriche; derivata della funzione composta.

Teorema degli zeri e dei valori intermedi; continuità e derivabilità della funzione inversa.

Esempi di funzioni inverse e calcolo della loro derivata.

Massimi e minimi relativi; condizione necessaria.

Teoremi di Rolle, Cauchy, Lagrange; teorema della derivata nulla.

Monotonia e derivazione; forme indeterminate.

Teoremi di de l'Hopital e loro conseguenze.

Infiniti e infinitesimi; applicazioni alle forme indeterminate.

Funzioni convesse e loro proprietà; punti di flesso.

Primitive e loro molteplicità; integrale indefinito; integrazione indefinita per parti e per sostituzione.

Integrazione secondo Riemann; interpretazione geometrica. Linearità e monotonia dell'integrale.

Teorema della media integrale. Integrabilità delle funzioni continue o monotone. Additività rispetto all'intervallo.

Funzione integrale. Teorema fondamentale del calcolo integrale; formule di integrazione per sostituzione e per parti.

*Testi consigliati:*

Bramanti, Pagani, Salsa: Matematica, calcolo infinitesimale e algebra lineare. Ed. Zanichelli  
Marcellini, Sbordone: Esercitazioni di matematica (2 volumi). Ed. Liguori

Materiale integrativo relativo a specifici argomenti sarà messo a disposizione dal docente.

## **ANALISI MATEMATICA II**

*Docente:* Dr. GARAVELLO Mauro

*e-mail:* [mauro.garavello@mfn.unipmn.it](mailto:mauro.garavello@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 4

*Anno:* 1

*Periodo di insegnamento:* 3

*Codice della disciplina:* S0143

*Programma*

Integrali impropri: definizione, esempi, proprietà.

Funzioni di più variabili e loro rappresentazione grafica.

Continuità e limite in più variabili; funzioni a valori vettoriali. Teorema degli zeri e sue conseguenze. Derivate parziali e direzionali; nozione di differenziabilità. Legami tra derivabilità, differenziabilità e continuità; piano tangente. Derivate parziali e funzioni composte; matrice Jacobiana. Derivate successive; teorema di Schwarz. Teoria della misura secondo Peano-Jordan: definizione e prime proprietà. Integrazione secondo Riemann per funzioni di più variabili: funzioni semplici; funzioni integrabili; linearità e monotonia dell'integrale; formule di riduzione. Integrabilità di parte positiva, parte negativa e valore assoluto; misura di un insieme mediante integrazione della funzione caratteristica; additività della misura; misura del sottografico di una funzione di una variabile. Integrazione su insiemi misurabili; additività dell'integrale. Integrazione su domini normali. Cambiamento di variabile nell'integrale multiplo. Misura di insiemi illimitati. Integrale generalizzato per funzioni di più variabili.

Testo consigliato: Bramanti, Pagani, Salsa: Matematica, calcolo infinitesimale e algebra lineare. Ed. Zanichelli.

## **ANALISI MATEMATICA III**

*Docente:* Dr. GARAVELLO Mauro

*e-mail:* [mauro.garavello@mfn.unipmn.it](mailto:mauro.garavello@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 4

*Anno:* 2

*Periodo di insegnamento:* 2

*Codice della disciplina:* S0149

*Programma*

Curve regolari e loro lunghezza; integrali curvilinei. Forme differenziali e loro primitive. Condizioni necessarie e/o sufficienti per l'esistenza di primitive. Misura di un insieme e integrazione. Domini normali e formula di riduzione degli integrali multipli. Cambiamento di variabile negli integrali multipli: coordinate polari in  $R^2$ . Coordinate sferiche e cilindriche in  $R^3$ . Teorema della divergenza in  $R^n$ . Formule di Gauss-Green. Superfici. Area di una superficie, integrali superficiali. Teorema di Stokes.

Testo consigliato:

Bramanti, Pagani, Salsa: Matematica, calcolo infinitesimale e algebra lineare. Ed. Zanichelli e verranno forniti degli appunti.

## **CHIMICA (A)**

*Docente:* Prof. STANGHELLINI Pierluigi

*e-mail:* [pierluigi.stanghellini@mfn.unipmn.it](mailto:pierluigi.stanghellini@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 4

*Anno:* 1

*Periodo di insegnamento:* 1

*Codice della disciplina:* S0138

*Programma del corso e testi consigliati:*

Programma

Esame: unico voto d'esame comprensivo del corso di Chimica B.

Modalità d'esame: test scritto al termine del primo periodo; test scritto finale al termine del terzo periodo.

Modulo 1: Gli elementi, i composti chimici, le formule. La costante di Avogadro e il concetto di mole. Elementi di stechiometria. Nucleo, isotopi e radioattività. La teoria atomica: gli spettri atomici, l'atomo di Bohr, gli atomi multielettronici. Il sistema periodico e le proprietà periodiche degli elementi. Concetti fondamentali sul legame chimico: teoria di Lewis e geometria delle molecole mediante il modello VSEPR. Le forze intermolecolari, gli stati della materia e le loro proprietà principali. Elementi base sul legame covalente, ionico, metallico. Le soluzioni e le loro proprietà: solubilità, tensione di vapore, pressione osmotica. Le reazioni chimiche e l'equazione chimica: bilanciamento di una reazione. I fondamenti della termodinamica chimica: entalpia, entropia ed energia libera. I principi dell'equilibrio chimico; la costante di equilibrio e il suo significato; spostamento dell'equilibrio. Elettrochimica: le reazioni redox e gli stati di ossidazione; i potenziali normali e l'equilibrio delle reazioni redox. La cinetica chimica: velocità e ordine di una reazione; energia di attivazione; meccanismi di reazione; catalisi.

Testi consigliati:

R.E. Dickerson, H.B. Gray e G.P. Haight, "Principi di Chimica", Editoriale Grasso

R.H. Petrucci, W.S. Harwood, Herring "Chimica Generale" Piccin

P.W. Atkins, "Chimica Generale", Zanichelli

## **CHIMICA (B)**

*Docente:* Prof. BOTTA Mauro

*e-mail:* [mauro.botta@mfn.unipmn.it](mailto:mauro.botta@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 2

*Anno:* 1

*Periodo di insegnamento:* 2

*Codice della disciplina:* S0138

*Programma del corso e testi consigliati:*

Programma

Esercitazioni individuali in laboratorio.

Esercitazioni di laboratorio comprendenti tecniche di base.

Le applicazioni di tali operazioni riguarderanno le seguenti esercitazioni:

Determinazione della velocità di reazione e sua dipendenza dalla concentrazione dei reagenti, temperatura e presenza di un catalizzatore

Elettrolisi di una soluzione di KI; elettrolisi dell'acqua.

Preparazione della pila Daniell

Esame: valutazione del risultato delle esercitazioni e preparazione di brevi relazioni critiche sulle tematiche trattate. I due risultati concorrono al voto unico d'esame del corso di Chimica.

Testi consigliati: Verranno messi a disposizione i lucidi del corso e le dispense del laboratorio.

Inoltre si consiglia la consultazione dei seguenti testi:

R. Breschi e A. Massagli, "Stechiometria", Edizioni ETS

R. Morassi, G.P. Speroni, "Il laboratorio Chimico", Piccin

Slowinski, Wolsey, Masterton, "Laboratorio di Chimica", Piccin

## **COMPLEMENTI DI ANALISI MATEMATICA**

*Docente:* Dr. GARAVELLO Mauro

*e-mail:* [mauro.garavello@mfn.unipmn.it](mailto:mauro.garavello@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 3

*Anno:* 1 opzionale

*Periodo di insegnamento:* 2

*Codice della disciplina:* S0478

*Programma del corso e testi consigliati:*

Programma

Vengono approfonditi alcuni argomenti di analisi matematica introdotti nel corso di Analisi Matematica I.

Testi consigliati:

Il testo può variare a seconda degli argomenti trattati e verrà consigliato dal docente al momento dello svolgimento dell'argomento. I testi che verranno consigliati sono disponibili presso la Biblioteca di Facoltà o saranno forniti dal docente stesso.

## **COMPLEMENTI DI FISICA GENERALE**

*Docente:* Dr. FAVA Luciano

*e-mail:* [luciano.fava@mfn.unipmn.it](mailto:luciano.fava@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 4

*Anno:* 2 opzionale

*Periodo di insegnamento:* 1

*Codice della disciplina:* S0623

*Programma del corso e testi consigliati:*

Programma

CINEMATICA

Composizione di moti rettilinei uniformi e uniformemente accelerati sullo stesso asse e su assi perpendicolari. Composizione di moti circolari uniformi e uniformemente accelerati.

Composizione di moti armonici sullo stesso asse e su assi perpendicolari.

Moti relativi.

S.R. inerziali e leggi di trasformazione galileiane per velocità e accelerazioni. Moti relativi di rotazione. Equazioni di trasformazione per velocità e accelerazione. Forze apparenti centrifughe e di Coriolis. Moti ciclonici e anticiclonici – Caduta dei gravi – Pendolo di Foucault.

Introduzione alla Relatività ristretta.

Esperienza di Michelson-Morley. Trasformazioni di Lorenz. Dilatazione dei tempi e contrazione delle lunghezze. Applicazione al problema del decadimento mesonico.

DINAMICA

Velocità e accelerazione in coordinate polari. Il problema dei due corpi. Calcolo dell'orbita in presenza di forze centrali. Considerazioni sull'energia totale e sul momento angolare. Calcolo di campi e potenziali gravitazionali. Richiami sul corpo rigido. Ellissoide d'inerzia e teorema di Poincaré. Moto del corpo rigido.

TERMODINAMICA

Richiami tramite esercizi di applicazione con particolare riferimento all'utilizzo dei potenziali termodinamici.

## **ECONOFISICA**

*Docente:* Dr. SCALAS Enrico

*e-mail:* [enrico.scalas@mfn.unipmn.it](mailto:enrico.scalas@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 5

*Anno:* 3 opzionale

*Periodo di insegnamento:* 2

*Codice della disciplina:* S0162

*Programma del corso e testi consigliati:*

Programma:

Scopo del corso: Delineare un parallelo fra fisica e finanza e approfondire criticamente la dinamica dei mercati finanziari.

Argomenti del corso:

L'equilibrio in economia e in fisica. Fisica e finanza: paradigmi a confronto. Processi stocastici in fisica e in finanza. Il problema dell'ergodicità delle serie temporali. Le fluttuazioni dei prezzi nei mercati finanziari e le loro proprietà statistiche (i "fatti stilizzati"). I cammini aleatori a tempo continuo e la dinamica dei mercati finanziari. "Efficient Market Hypothesis (EMH)" e modelli alternativi della dinamica dei mercati finanziari. Considerazioni conclusive: leggi fisiche e leggi economiche a confronto.

Testi consigliati

Chiara Ingraò e Giorgio Israel "La mano invisibile", Laterza, 2006;

Joseph L. McCauley "Dynamics of Markets", Cambridge, 2004;

Jean-Philippe Bouchaud and Marc Potters "Theory of Financial Risk and Derivative Pricing", Cambridge, 2003;

Rosario N. Mantegna ed Eugene H. Stanley "An Introduction to Econophysics", Cambridge, 2000

Materiale a cura del docente.

## **ELETTRODINAMICA E RELATIVITÀ**

*Docente:* Prof. LERDA Alberto

*e-mail:* [alberto.lerda@mfn.unipmn.it](mailto:alberto.lerda@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 5

*Anno:* 2

*Periodo di insegnamento:* 2

*Codice della disciplina:* S0156

*Programma del corso e testi consigliati:*

Programma

Il corso si propone di fornire agli studenti le nozioni e i metodi fondamentali dell'elettrodinamica e della relatività ristretta.

Argomenti trattati

Equazioni di Maxwell. Conservazione della carica elettrica. Il principio di relatività. Trasformazioni di Lorentz. Contrazione delle lunghezze e dilatazione dei tempi. Trasformazione delle velocità. Quadri-vettori e nozioni di calcolo tensoriale. Meccanica relativistica: quadri-vettore energia-impulso, leggi di conservazione, collisioni relativistiche. Quadri-potenziale elettromagnetico. Tensore del campo elettromagnetico. Trasformazioni di Lorentz dei potenziali e del campo.

Testi consigliati

J.D. Jackson, Elettrodinamica classica (Zanichelli).

L. D. Landau e E. M. Lifschitz, Teoria dei campi (Editori Riuniti).

V. Barone, Relatività (Bollati Boringhieri).

## **ELETTROMAGNETISMO A**

*Docente:* Prof. DARDO Mauro

*e-mail:* [mauro.dardo@mfn.unipmn.it](mailto:mauro.dardo@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 4

*Anno:* 2

*Periodo di insegnamento:* 1

*Codice della disciplina:* S0147

*Programma del corso e testi consigliati:*

Programma

Scopo del corso: fornire agli studenti una conoscenza dell'elettromagnetismo classico.

Prerequisiti richiesti: conoscenza degli argomenti trattati nei corsi di Matematica e Fisica del primo anno.

Argomenti trattati:

Carica elettrica. - quantizzazione e conservazione della carica elettrica. Conduttori, isolanti, semiconduttori. Forza di Coulomb. Principio di sovrapposizione. Campo elettrico. Teorema di Gauss per il campo elettrico - applicazioni. Potenziale elettrico - applicazioni. Condensatori - capacità di un condensatore - energia elettrostatica di un condensatore. Corrente elettrica - legge di Ohm - conduttività e resistività elettrica. Energia e potenza elettrica. Circuiti elettrici - principi di Kirchhoff. Misure di tensioni, correnti e resistenze. Campo magnetico. Forza magnetica (di Lorentz). Legge di Biot-Savart - applicazioni. Teorema di Ampère - applicazioni. . Teorema di Gauss per il campo magnetico. Moto di una particella carica in un campo magnetico. Forza tra fili percorsi da corrente. Induzione elettromagnetica - legge di Faraday. Autoinduzione - Mutua induzione. Dielettrici. Materiali magnetici (paramagnetismo, diamagnetismo, ferromagnetismo). Circuiti con correnti variabili - circuiti RC, RL, RLC, LC. Circuiti in corrente alternata: metodo dei vettori rotanti - circuiti LC, RL, RC, RLC. Circuito RLC in risonanza. Potenza nei circuiti a corrente alternata. Misure di tensioni e correnti alternate. Equazioni di Maxwell (sotto forma integrale). Il dipolo elettrico oscillante (qualitativo). Onde elettromagnetiche - onde piane sinusoidali - spettro elettromagnetico - intensità di un'onda elettromagnetica.

Testi consigliati

R. Resnick, D. Halliday: "Fisica" Vol. 2, ed. Casa Editrice Ambrosiana, Milano.  
M. Alonso, E.J. Finn: "Elementi di Fisica per l'Università", Vol. II, ed. Masson, Milano.  
Appunti forniti dal docente

## **ELETTROMAGNETISMO B**

*Docente:* Prof. DARDO Mauro

*e-mail:* [mauro.dardo@mfn.unipmn.it](mailto:mauro.dardo@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 4

*Anno:* 2

*Periodo di insegnamento:* 1

*Codice della disciplina:* S0151

*Programma del corso e testi consigliati:*

*Programma*

Scopo del corso: approfondimento degli argomenti trattati nel corso di Elettromagnetismo A.

Prerequisiti richiesti: conoscenza degli argomenti trattati nel corso di Elettromagnetismo A.

Argomenti trattati:

Campo elettrico generato da distribuzioni discrete e continue di cariche - applicazioni. Teorema di Gauss per il campo elettrico - forma differenziale. Potenziale di distribuzioni discrete e continue di cariche. Il campo elettrostatico è conservativo - il campo elettrostatico come gradiente del potenziale. Equazioni di Poisson e di Laplace. Energia del campo elettrico. Dielettrici: vettore polarizzazione elettrica - legge di Gauss nei materiali dielettrici. Corrente elettrica - equazione di continuità in forma differenziale - modello microscopico di conduzione nei metalli. Campo magnetico - potenziale vettore - applicazioni. Applicazioni della legge di Biot-Savart generalizzata. Teorema di Ampère - dimostrazione - forma differenziale. Teorema di Gauss per il campo magnetico - forma differenziale. Induzione elettromagnetica - legge di Faraday-Maxwell - forma differenziale. Energia del campo magnetico. Il campo magnetico nella materia - vettore magnetizzazione - equazione di Ampère-Maxwell nei materiali magnetici. Diamagnetismo, paramagnetismo, ferromagnetismo. Legge di Ampère generalizzata - forma differenziale. Equazioni di Maxwell - forma differenziale. Equazioni delle onde. Onde elettromagnetiche nel vuoto - onde piane - polarizzazione di un'onda piana. Onde sferiche. Pacchetti d'onda - velocità di fase e velocità di gruppo. Energia e quantità di moto del campo elettromagnetico. Radiazione emessa da un dipolo elettrico oscillante. Riflessione di onde elettromagnetiche su superfici metalliche. Onde elettromagnetiche stazionarie. Guide d'onda - cavità risonanti.

*Testi consigliati*

M. Alonso, E.J. Finn: "Elementi di Fisica per l'Università", Vol. II, ed. Masson, Milano.

P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci, "Fisica", Vol.2, ed. EdiSES, Napoli.

R. P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands, "The Feynman Lectures on Physics", ed. Addison-Wesley, Reading, USA.

Appunti forniti dal docente.

## **ELETRONICA: ELETRONICA (1° parte)**

*Docente:* Prof. PANZIERI Daniele

*e-mail:* [daniele.panzieri@mfn.unipmn.it](mailto:daniele.panzieri@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 2,5

*Anno:* 3opzionale

*Periodo di insegnamento:* 2

*Codice della disciplina:* S0707

*Programma*

Obiettivo del corso: fornire una conoscenza di base dei dispositivi e dei circuiti elettronici di uso comune nelle applicazioni fisiche

Prerequisiti richiesti: i corsi obbligatori di fisica generale

Esame: colloquio orale; unico voto d'esame comprensivo di Elettronica (2° parte).

Parte A: Elementi di Elettronica analogica

Il transistor bipolare BJT (nnp e pnp): principio di funzionamento; il modello di Ebers-Moll. Determinazione del punto di funzionamento del transistor.

Comportamento del transistor BJT in condizioni dinamiche; modello per piccoli segnali.

Il transistor JFET: principio di funzionamento e caratteristiche. Il transistor MOSFET e sue caratteristiche. Determinazione del punto di funzionamento. Modello per piccoli segnali. Calcolo delle amplificazioni e delle impedenze d'entrata e d'uscita di singoli stadi con transistori BJT e JFET, nelle varie possibili configurazioni.

L'amplificatore differenziale con transistori BJT e JFET. Circuiti reazionati. Amplificatore operazionale ideale.

Amplificatori operazionali reali.

Studio della risposta in frequenza di amplificatori monostadio e multistadio.

I circuiti integrati: disegno e fabbricazione.

Filtri RC attivi, circuiti integratori e derivatori. Comparatori.

Generatori di segnale, monostabili e astabili. Regolatori di tensione. Amplificatori per strumentazione.

*Testi consigliati*

- J. Millman, A. Grabel: "Microelectronics", 2nd ed., McGraw-Hill, 1987;
- P. Horowitz, W. Hill: "The art of electronics", 2nd ed., Cambridge University Press, 1989;
- Wait, Huelsman, Korn: "Introduction to operational amplifier", McGraw-Hill, 1992;
- W.L.Faessler, "An introduction to Modern Electronics", J. Wiley & sons, 1991;
- Materiale fornito dal docente.

## **ELETTRONICA: ELETTRONICA (2° parte)**

*Docente:* Prof. RAMELLO Luciano

*e-mail:* [luciano.ramello@mfu.unipmn.it](mailto:luciano.ramello@mfu.unipmn.it)

*Numero CFU:* 2,5

*Anno:* 3opzionale

*Periodo di insegnamento:* 2

*Codice della disciplina:* S0707

*Programma*

Obiettivo del corso: fornire una conoscenza di base dei dispositivi e dei circuiti elettronici di uso comune nelle applicazioni fisiche

Prerequisiti richiesti: i corsi obbligatori di fisica generale

Esame: colloquio orale; unico voto d'esame comprensivo di Elettronica (1° parte).

Parte B: Elementi di Elettronica digitale

Concetti base. Livelli logici. Famiglie logiche TTL, CMOS ed ECL.

Porte logiche elementari. Richiami di algebra booleana. Leggi di De Morgan.

Codifica binaria, esadecimale e BCD dell'informazione numerica. Codice ASCII.

Esempi di circuiti combinatori. Ottimizzazione del progetto (mappe di Karnaugh).

Circuiti integrati (MSI) con funzioni di logica combinatoria.

Il flip-flop come elemento base di logica sequenziale. Tipi di flip-flop.

Applicazioni del flip-flop. Registri e registri a scorrimento.

Contatori. Esempi di macchine sequenziali. Il multivibratore monostabile.

Convertitori digitale-analogico (DAC). Il convertitore A/D di tipo "flash".

Convertitori A/D ad approssimazioni successive e a rampa. Applicazioni.

*Testi consigliati*

- J. Millman, A. Grabel: "Microelectronics", 2nd ed., McGraw-Hill, 1987;
- P. Horowitz, W. Hill: "The art of electronics", 2nd ed., Cambridge University Press, 1989;
- Wait, Huelsman, Korn: "Introduction to operational amplifier", McGraw-Hill, 1992;
- W.L.Faessler, "An introduction to Modern Electronics", J. Wiley & sons, 1991;
- Materiale fornito dal docente.

## **FISICA BIOMEDICA**

*Docente:* Prof. PANZIERI Daniele

*e-mail:* [daniele.panzieri@mfu.unipmn.it](mailto:daniele.panzieri@mfu.unipmn.it)

*Numero CFU:* 5

*Anno:* 3opzionale

*Periodo di insegnamento:* 2

*Codice della disciplina:* S1070

*Programma del corso e testi consigliati:*

## Programma

Finalità del corso: il corso, dedicato alle applicazioni in campo biomedico della fisica delle radiazioni e degli ultrasuoni, introduce alle nozioni di base ed alla strumentazione.

Prerequisiti: i corsi obbligatori di fisica generale.

Esame: colloquio orale.

Argomenti trattati:

L'interazione delle particelle ionizzanti con la materia.

Grandezze Fisiche usate in dosimetria. Fondamenti fisici della dosimetria.

La radioterapia convenzionale (raggi gamma ed elettroni).

La radioterapia conformazionale (protoni e ioni leggeri).

La radioprotezione. La strumentazione biomedica.

I radioisotopi e le loro applicazioni.

I principi fisici della TAC, dell' NMR e della PET.

I rivelatori per la medicina nucleare.

Le radiazioni non ionizzanti.

Gli ultrasuoni e la loro applicazione in campo medico.

Testi consigliati:

Johns - Cunningham, The Physics of Radiology - Charles C. Thomas Publisher

The TERA Project - libro blu

AA.VV, The Physics of Medical Imaging - edited by S. Webb

Atkinson - Woodcock, Doppler Ultrasound and its use in Clinical Measurement - Academic Press

Pelliccioni, Elementi di Dosimetria delle Radiazioni- ENEA

Testi consigliati per consultazione ed approfondimento:

Hobbie, Intermediate Physics for Medicine and Biology - ed. J. Wiley & Sons

Cittadini, Diagnostica per Immagini e Radioterapia - ECIG Genova

## **FISICA QUANTISTICA**

*Docente:* Prof. CASTELLANI Leonardo

*e-mail:* [leonardo.castellani@mfn.unipmn.it](mailto:leonardo.castellani@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 5

*Anno:* 3opzionale

*Periodo di insegnamento:* 2

*Codice della disciplina:* S0607

### *Programma*

Finalità del corso: fornire agli studenti un approfondimento dei temi trattati nel corso di Meccanica Quantistica, corredato da ulteriori esempi ed applicazioni.

Prerequisiti richiesti: buona conoscenza degli argomenti trattati nei corsi di Matematica e di Fisica dei primi due anni, e del corso di Meccanica Quantistica.

Argomenti trattati:

Spin e sistemi di particelle identiche

Spin dell'elettrone: esperimento di Stern-Gerlach e teoria di Pauli. Addizione di momenti angolari e coefficienti di Clebsch-Gordan. Sistemi di particelle identiche. Statistiche di Bose e di Fermi.

Metodi di approssimazione

Teoria delle perturbazioni indipendenti e dipendenti dal tempo. Metodo WKB e variazionale. Effetto Zeeman, effetto Stark. Applicazioni a sistemi atomici.

Argomenti di meccanica quantistica avanzata

Cenni agli integrali di cammino di Feynman. Stati correlati e disuguaglianza di Bell. Breve introduzione alla computazione quantistica.

Testi consigliati

Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe: "Quantum Mechanics", Vol. 1 e 2, ed. Wiley/Hermann.

R. Shankar: "Principles of Quantum Mechanics" , ed. Plenum Press (1982).

Dispense del docente.

Testi per consultazione e approfondimenti:

A. Messiah: "Quantum Mechanics", Vol. 1 e 2, ed. North-Holland.

P.A.M. Dirac: "The principles of quantum mechanics", ed. Clarendon Press.

R. P. Feynman, et al.: "The Feynman Lectures on Physics", Vol III, ed. Addison-Wesley.



L. D. Landau, E. M. Lifschitz: "Meccanica Quantistica", Editori Riuniti.  
M.A. Nielsen , I.L. Chuang, "Quantum Computation and Quantum Information", Cambridge 2000.

## **FLUIDI E TERMODINAMICA**

*Docente:* Prof. DELLACASA Giuseppe  
*e-mail:* [giuseppe.dellacasa@mfn.unipmn.it](mailto:giuseppe.dellacasa@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 5

*Anno:* 1

*Periodo di insegnamento:* 3

*Codice della disciplina:* S0142

*Programma del corso e testi consigliati:*

Programma

Prerequisiti: buona conoscenza degli argomenti trattati nei corsi di Matematica e Geometria.

Argomenti trattati

Meccanica dei Fluidi : idrostatica, idrodinamica, liquidi reali. Proprietà elastiche dei solidi, onde elastiche in una sbarra solida, onde in una corda tesa, onde stazionarie, onde sonore, effetto Doppler. Sistemi e stati termodinamici, variabili termodinamiche macroscopiche. Definizione di temperatura, termometria. Esperimenti di Joule., sorgenti di calore, primo principio della termodinamica, calorimetria, misura di calori specifici, cambiamenti di fase, trasmissione del calore, conduzione, convezione, irraggiamento. Equazione di stato dei gas ideali (legge di Boyle e leggi di Volta-Gay Lussac), trasformazioni di un gas ideale (isoterma, isobara, isocora e adiabatica nelle variabili P,V e T). Energia interna di un gas ideale., trasformazioni cicliche (rendimento di un ciclo, ciclo di Carnot). Secondo principio della termodinamica, i postulati di Kelvin-Planck e di Clausius, reversibilità ed irreversibilità. Teoremi di Carnot e di Clausius, la funzione di stato entropia, il principio dell'aumento dell'entropia, calcoli di variazioni di entropia per trasformazioni di gas ideali. Definizioni ed uso dei potenziali termodinamici. Diagrammi TS, concetto di energia inutilizzabile. Teoria cinetica dei gas, relazione tra temperatura ed energia cinetica, teorema di equipartizione dell'energia, cp e cv, distribuzione delle velocità di Maxwell.

Testi consigliati

P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci: "Fisica" Vol. I, ed. EdiSES, Napoli

P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci: "Termodinamica", ed. EdiSES, Napoli

M. Alonso, E.J. Finn: "Elementi di Fisica per l'Università", Vol. I, ed. Masson, Milano.

R. Resnick, D. Halliday: "Fisica" Vol. I, ed. Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

## **GEOMETRIA**

*Docente:* Prof. DEBERNARDI Marco

*e-mail:* [marco.debernardi@mfn.unipmn.it](mailto:marco.debernardi@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 6

*Anno:* 1

*Periodo di insegnamento:* 3

*Codice della disciplina:* S0146

*Programma del corso e testi consigliati:*

Programma

Topologia degli spazi metrici, continuità di applicazioni, compattezza per successioni, connessione e connessione per archi. Geometria analitica del piano e riduzione delle coniche a forma canonica. Geometria analitica dello spazio e classificazione delle quadriche Curve e superfici nello spazio: formule di Frenet-Serre, prima e seconda forma fondamentale; curvatura di Gauss, curvatura normale e curvatura geodetica di curve su superfici.

Testi consigliati:

Il testo sarà indicato a lezione.

## **INFORMATICA GENERALE**

*Docente:* Dr. CANONICO Massimo

*e-mail:* [massimo.canonico@mfn.unipmn.it](mailto:massimo.canonico@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 2

Anno: 2

Periodo di insegnamento: 2

Codice della disciplina: S0150

Programma del corso e testi consigliati:

Programma del corso

Architettura di un calcolatore.

Rappresentazione di informazione digitale

Sistemi operativi

Internet ed elaborazione in rete.

Foglio elettronico (EXCEL)

Sistemi di gestione di basi dati relazionali (ACCESS).

Testi consigliati:

Lagana, Righi e Romani - "Informatica - concetti e sperimentazioni", Apogeo.

## **INTRODUZIONE ALLA FISICA NUCLEARE E SUBNUCLEARE**

Docente: Prof. DELLACASA Giuseppe

e-mail: [giuseppe.dellacasa@mfn.unipmn.it](mailto:giuseppe.dellacasa@mfn.unipmn.it)

Numero CFU: 5

Anno: 3

Periodo di insegnamento: 2

Codice della disciplina: S0182

Programma del corso e testi consigliati:

Programma

Scopo del corso: fornire una conoscenza di carattere generale sulla struttura dei nuclei atomici sottolineando in particolare le metodologie sperimentali.

Prerequisiti: buona conoscenza degli argomenti trattati nei corsi obbligatori.

Argomenti trattati

Cenni storici. Proprietà fondamentali dei nuclei: dimensioni, massa ed energia di legame, carica elettrica, curva di stabilità. Proprietà quantistiche degli stati nucleari: livelli energetici, momenti angolari, parità, isospin, momenti elettromagnetici. Natura delle forze nucleari. Modelli nucleari: modelli a shell, il modello a gas di Fermi, il modello a goccia. Teoria elementare del deutone. Le reazioni nucleari: fissione e fusione. Radioattività alfa, beta e gamma. Classificazione delle particelle elementari. Tipi di interazioni. Leggi di conservazione e simmetria. Cenni sul Modello Standard.

Testi consigliati:

W.S.C. Williams: "Nuclear and particle physics", ed. Oxford University Press.

E. Segrè: "Nuclei e Particelle", ed. Zanichelli, Bologna

Materiale fornito dal docente.

## **LABORATORIO DI CALCOLO I**

Docente: Dr. SITTA Mario

e-mail: [mario.sitta@mfn.unipmn.it](mailto:mario.sitta@mfn.unipmn.it)

Numero CFU: 4

Anno: 1

Periodo di insegnamento: 1

Codice della disciplina: S0137

Programma del corso e testi consigliati:

Programma

Lezioni in aula: Numerazione decimale, binaria, esadecimale. Rappresentazione interna dei numeri decimali. Generalità di un calcolatore numerico (CPU, bus, memoria volatile e memoria di massa, memorie RAM e ROM, periferiche di input/output). Files, directory, programmi eseguibili. Sistemi operativi (scopo di un OS, gestione delle periferiche). Programma sorgente, oggetto, eseguibile. Compilazione e link. Libreria di programmi. Programmazione procedurale e a oggetti. Un esempio: il linguaggio C. Comunicazioni fra calcolatori. Protocolli di rete (Ethernet, TCP/IP).

Laboratorio:

1. Esercitazione pratica di Unix

2. Struttura di un programma C. Variabili e tipi. Assegnazioni e operazioni tra variabili.
3. Stringhe di caratteri. Input/output dei dati; formato di stampa.
4. Controllo del flusso del programma. Istruzioni sotto condizione. Cicli ripetuti di istruzioni.
5. Funzioni e sottoprogrammi; parametri e valori di ritorno di una funzione.
6. Gestione dei file da programma.
7. Uso dinamico della memoria; i puntatori.

Testi consigliati

M. Sitta, Elementi di Informatica per Fisici (dispense del Corso)

M. G. Sobel, A practical guide to UNIX System V, ed. Benjamin/Cumming

S. Oualline, Practical C Programming, ed. O'Reilly and Associates

B. W. Kernighan, D. M. Ritchie, Linguaggio C, ed. Jackson Libri

W. Kinzel, G. Reents, Physics by Computer, ed. Springer

W. R. Gibbs, Computation in Modern Physics, ed. World Scientific

## **LABORATORIO DI CALCOLO II**

*Docente:* Prof.ssa CHINOSI Claudia

*e-mail:* [claudia.chinosi@mfn.unipmn.it](mailto:claudia.chinosi@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 6

*Anno:* 2

*Periodo di insegnamento:* 2

*Codice della disciplina:* S0155

*Programma*

Scopo del corso è introdurre le tecniche di base dell'analisi numerica per risolvere con l'ausilio del calcolatore alcuni problemi matematici di interesse applicativo.

Modalità d'esame: è prevista una prova orale

Corso: rappresentazione dei numeri in virgola mobile. Errori nella rappresentazione e precisione macchina. Propagazione degli errori di arrotondamento. Risoluzione numerica di sistemi di equazioni lineari. Metodi diretti: eliminazione di Gauss, decomposizione LU, decomposizione per matrici simmetriche, definite positive: metodo di Cholewski. Tecnica del pivoting. Condizionamento di un sistema. Stabilità degli algoritmi. Fattorizzazione QR. Sistemi sovradeterminati. Metodi iterativi per la risoluzione di sistemi lineari: metodi di Jacobi, Gauss-Seidel e di Richardson. Teoremi di convergenza. Equazioni non lineari. Metodo di bisezione. Metodo delle secanti e regula falsi. Metodo di Newton; teorema di convergenza locale. Iterazioni di punto fisso. Approssimazione di funzioni e di dati. Interpolazione polinomiale. Formula di Lagrange ed errore nell'interpolazione. Interpolazione trigonometrica. Interpolazione composita lineare. Minimi quadrati lineari discreti. Approssimazione delle derivate mediante differenze finite. Integrazione numerica. Formule di Newton-Cotes aperte e chiuse. Errore di quadratura per la formula del punto medio, dei trapezi e di Simpson. Formule composte. Formule di Gauss. Soluzione numerica di equazioni differenziali ordinarie. Metodi di Eulero esplicito ed implicito. Analisi di convergenza. Metodo di Crank-Nicolson, Metodo di Heun e di Eulero modificato. Problemi stiff. Stabilità assoluta.

Testi consigliati

Quarteroni A., Saleri F., Introduzione al Calcolo Scientifico. Esercizi e problemi risolti con MATLAB, Springer- Milano

Quarteroni A., Sacco R., Saleri F., Matematica Numerica, Springer – Milano

## **LABORATORIO DI CALCOLO III**

*Docente:* Prof.ssa CHINOSI Claudia

*e-mail:* [claudia.chinosi@mfn.unipmn.it](mailto:claudia.chinosi@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 4

*Anno:* 2

*Periodo di insegnamento:* 3

*Codice della disciplina:* S0159

*Programma*

Scopo del corso è approfondire le problematiche dell'analisi numerica sperimentando su calcolatore le tecniche di base introdotte nel corso di Laboratorio di Calcolo II.

Modalità d'esame: è prevista una prova di laboratorio.

Il corso sarà svolto nel Laboratorio di calcolo dove verranno implementati in linguaggio MATLAB i principali algoritmi dell'analisi numerica di base. Si approfondiranno le proprietà teoriche degli stessi, quali stabilità, accuratezza e complessità e si cercherà riscontro quantitativo di tali proprietà sperimentando direttamente su calcolatore l'applicazione di tali algoritmi ad opportuni problemi modello.

Testi consigliati

Quarteroni A., Saleri F., Introduzione al Calcolo Scientifico. Esercizi e problemi risolti con MATLAB, Springer- Milano

## **LABORATORIO DI ELETTRICITÀ E MAGNETISMO**

*Docente:* Dr. FAVA Luciano

*e-mail:* [luciano.fava@mfn.unipmn.it](mailto:luciano.fava@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 5

*Anno:* 2

*Periodo di insegnamento:* 2

*Codice della disciplina:* S0148

*Programma del corso e testi consigliati:*

*Programma*

Scopo del corso: approfondimento delle metodologie per lo studio dei circuiti elettrici ed esecuzione di alcune esperienze di elettromagnetismo.

Prerequisiti: buona conoscenza degli argomenti trattati nei corsi di Meccanica, Fluidi e Termodinamica, Elettromagnetismo, Ottica e Metodi di Misura e Analisi Dati.

*Lezioni in aula:*

Risoluzione di circuiti resistivi complessi. Risoluzione di circuiti con transistori. Analisi dei circuiti utilizzati nelle esperienze. Analisi di circuiti in corrente alternata. Principi di funzionamento di diodi e transistor. Descrizione e funzionamento della strumentazione in uso nelle esperienze di elettromagnetismo. Descrizione delle esperienze di laboratorio.

*Laboratorio:*

1. Uso dell'oscilloscopio e del generatore di funzioni.
2. Misure in corrente continua.
3. Misure con circuiti RC, RL e filtri
4. Misure con circuiti derivatori, integratori e passa banda.
5. Misure con diodi.
6. Misure con transistor

Testi consigliati per consultazione, approfondimenti ed esercizi:

Severi: "Introduzione alla sperimentazione Fisica", voll. I e II, ed. Zanichelli, Bologna (1982).

Malmstadt, Enke, Crouch: "Electronic for Scientists", ed. Benjamin-Cummings (1981).

Gray, Meyer: "Analysis and design of analog integrated circuits", ed. Wiley&Sons (1993).

Howatson: "Electrical circuits and systems" (2 copie), ed. Oxford U.P. (1996).

Millman: "Circuiti e sistemi microelettronici", ed. Boringhieri (1990).

Smith: "Electronics, circuits, and devices", ed. Wiley&Sons (1987).

## **LABORATORIO DI ELETTRONICA: (1° e 2° parte)**

*Docenti:* Prof. PANZIERI Daniele, Prof. RAMELLO Luciano

*e-mail:* [daniele.panzieri@mfn.unipmn.it](mailto:daniele.panzieri@mfn.unipmn.it), [luciano.ramello@mfn.unipmn.it](mailto:luciano.ramello@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 5

*Anno:* 3 opzionale

*Periodo di insegnamento:* 2

*Codice della disciplina:* S0709

*Programma*

Finalità del corso: realizzazione di alcune esperienze di elettronica analogica e digitale, uso di microcontrollori programmabili, acquisizione dati.

Prerequisiti richiesti: buona conoscenza degli argomenti trattati nei corsi di Fisica Generale, Elettronica e nei corsi di Laboratorio della laurea triennale.

Esame: preparazione di brevi relazioni sulle esperienze svolte e loro discussione.

Lezioni in aula: elementi di progettazione di circuiti elettronici tramite tecnologia PSOC (Programmable System-On-Chip), elementi di acquisizione dati con VME, cenni sui preamplificatori di carica, tecniche di misura del rumore elettronico.

Laboratorio:

Simulazioni e misure (guadagno, rumore, linearità) con un preamplificatore.

Uso della tecnologia PSOC (Programmable System-On-Chip) nella realizzazione di circuiti elettronici.

Progettazione e realizzazione di un circuito per ECG.

Realizzazione di un sistema di acquisizione dati con VME e/o LabVIEW (acquisizione dei dati da elettrocardiografo e/o dal preamplificatore).

Testi consigliati

J. Millman, A. Grabel: "Microelectronics", 2nd ed., McGraw-Hill 1987

P. Horowitz, W. Hill: The art of electronics, Cambridge University Press

Materiale fornito dai docenti.

## **LABORATORIO DI FISICA A**

*Docente:* Prof. PANZIERI Daniele

*e-mail:* [daniele.panzieri@mfn.unipmn.it](mailto:daniele.panzieri@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 5

*Anno:* 2

*Periodo di insegnamento:* 3

*Codice della disciplina:* S0157

*Programma del corso e testi consigliati:*

Programma

Obiettivo del corso è l'acquisizione di alcuni degli strumenti più diffusi nel campo della fisica sperimentale, introduzione ai sistemi di acquisizione dati tramite calcolatore, uso di alcuni programmi specifici: LABVIEW e P-SPICE, misura di alcune grandezze fisiche fondamentali.

Prerequisiti richiesti: buona conoscenza degli argomenti trattati nei corsi di Fisica e nei corsi di Laboratorio degli anni precedenti.

Modalità d'esame: preparazione di brevi relazioni sulle esperienze svolte e loro discussione e colloquio orale.

Lezioni in aula:

Passaggio della radiazione ionizzante nella materia, rivelatori di particelle cariche: gli scintillatori, i fotomoltiplicatori e l'elettronica associata, trasmissione di segnali su cavo e su fibra ottica, segnali elettrici lineari e logici, l'acquisizione dei dati tramite calcolatore: uso di Labview.

Laboratorio:

Uso dei fotomoltiplicatori

Misura dell'efficienza di un rivelatore a scintillazione

Taratura di un multicanale

Misure su fibre ottiche

Misura della velocità della luce

Misure del campo magnetico di un dipolo e di un quadrupolo

Realizzazione di un programma LABVIEW per la lettura di uno strumento

Testi consigliati

Leo - Technique for Nuclear and Particle Physics experiments - ed. Springer-Verlag

Senior - Optical Fiber communications - ed. Prentice-Hall

Knoll - Radiation detection and measurement - ed. J. Wiley and Sons

Wells, Travis - LabView for everyone - ed. Prentice Hall

## **LABORATORIO DI FISICA B**

*Docente:* Prof. RAMELLO Luciano

*e-mail:* [luciano.ramello@mfn.unipmn.it](mailto:luciano.ramello@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 5

*Anno:* 3

*Periodo di insegnamento:* 1

*Codice della disciplina:* S0161

*Programma del corso e testi consigliati:*

Programma

(a) Lezioni in aula:

Rivelatori a stato solido. Convertitori analogico-digitali. Introduzione alla radiazione alfa, beta e gamma.

(b) Esercitazioni in laboratorio:

Caratterizzazione elettrica di rivelatori a silicio.

Misure con sorgenti radioattive e rivelatori a stato solido.

Costruzione e prova di un ADC ad approssimazioni successive.

Testi consigliati:

W. R. Leo: "Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments", ed. Springer.

Knoll, Radiation detection and measurement, J. Wiley and Sons

P. Horowitz, W. Hill: "The art of electronics", ed. Cambridge Univ. Press.

T. C. Hayes, P. Horowitz: "Student Manual for The Art of Electronics", ed. Cambridge U. P.

S.M. Sze: "Semiconductor Devices: Physics and Technology", ed. J.Wiley & Sons.

Materiale fornito dal docente

### **LABORATORIO DI MECCANICA E TERMODINAMICA**

*Docente:* Dr. SITTA Mario

*e-mail:* [mario.sitta@mfn.unipmn.it](mailto:mario.sitta@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 5

*Anno:* 1

*Periodo di insegnamento:* 3

*Codice della disciplina:* S0144

*Programma del corso e testi consigliati:*

Programma

Lezioni in aula:

Illustrazione teorica degli esperimenti da eseguire in Laboratorio.

Laboratorio:

1. Misura dell'accelerazione di gravità  $g$

2. Misura della costante di gravitazione universale  $G$

3. Misure di momento di inerzia mediante pendolo di torsione

4. Misure di viscosità di liquidi

5. Misure in canale idraulico

6. Misura del calore specifico di un solido

7. Verifica della legge di Boyle mediante cilindro a pressione

8. Illustrazione dei programmi di analisi dati Origin e PAW. Elaborazione al calcolatore dei dati raccolti.

Testi consigliati:

M. Sitta, Dispense del Corso

J. R. Taylor, Introduzione all'analisi degli errori, ed. Zanichelli

S. Bussetti, Esercitazioni pratiche di Fisica, ed. Levrotto & Bella

S. Papucci, Manuale per il laboratorio di Fisica, ed. Hoepli

### **LABORATORIO DI OTTICA ED ELETTRONICA (1° e 2° parte)**

*Docenti:* Prof. PANZIERI Daniele, Prof. RAMELLO Luciano

*e-mail:* [daniele.panzieri@unipmn.it](mailto:daniele.panzieri@unipmn.it), [luciano.ramello@mfn.unipmn.it](mailto:luciano.ramello@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 5

*Anno:* 2

*Periodo di insegnamento:* 3

*Codice della disciplina:* S0154

*Programma*

Il corso comprende 40 ore di lezione in aula e laboratorio, suddivise in due parti:

Parte A (20 ore): Prof. D. Panzieri;

Parte B (20 ore): Prof. L. Ramello.

Obiettivo del corso: realizzazione di alcune esperienze di ottica, introduzione agli amplificatori operazionali, uso del programma di simulazione P-SPICE.

Prerequisiti richiesti: buona conoscenza degli argomenti trattati nei corsi di Elettromagnetismo A, Elettromagnetismo B, Ottica e nel corso di Metodi di Misura e Analisi Dati.

Modalità di esame: preparazione di brevi relazioni sulle esperienze svolte e loro discussione e colloquio orale.

Lezioni in aula: elementi di elettronica: gli amplificatori operazionali ideali, uso del programma di simulazione di circuiti elettrici P-Spice. Breve introduzione agli esperimenti di ottica.

Esercitazioni in laboratorio:

Misura della lunghezza focale di una lente

Misura dell'indice di rifrazione di un prisma

Polarizzazione della luce

Interferenza e diffrazione della luce

Misure di lunghezza d'onda con lo spettrometro

Simulazione di circuiti elettrici con il programma P-Spice

Amplificatore operazionale come filtro passa - banda

Amplificatore operazionale: il trigger di Schmitt

Testi consigliati

Wait, Huelsman, Korn - Introduction to operational amplifier - ed. McGraw-Hill

AA.VV. - Manuale di P-Spice

J. Millman, A. Grabel: "Microelectronics", 2nd ed., McGraw-Hill 1987

## **MECCANICA**

*Docente:* Dr. FAVA Luciano

*e-mail:* [luciano.fava@mfn.unipmn.it](mailto:luciano.fava@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 5

*Anno:* 1

*Periodo di insegnamento:* 2

*Codice della disciplina:* S0139

*Programma del corso e testi consigliati:*

Programma

Scopo del corso: fornire agli studenti del Corso di Laurea in Fisica una adeguata conoscenza della Meccanica Classica.

Prerequisiti: buona conoscenza degli argomenti trattati nei corsi di Analisi Matematica I e Geometria.

Argomenti trattati:

Metodo sperimentale in Fisica, unità di misura, grandezze scalari e vettoriali. Calcolo vettoriale.

Cinematica del punto: vettore posizione, velocità e accelerazione. Moti unidimensionali e bidimensionali, moto armonico, moto circolare uniforme. Composizione di moti armonici.

Trasformazioni di Galileo. Moti relativi alla Terra. Forza, massa, i tre principi della dinamica.

Forza elastica, forza gravitazionale. Forze di attrito. Lavoro ed energia cinetica. Teorema delle forze vive. Operatori gradiente, divergenza e rotore. Forze conservative ed energia potenziale.

Conservazione dell'energia meccanica. Oscillatore armonico, oscillatore armonico smorzato.

Analisi di Fourier. Quantità di moto e principio di conservazione della quantità di moto.

Momento angolare. Momento meccanico. Forze centrali. Moto del corpo rigido. Principio di

conservazione del momento angolare. Dinamica dei sistemi di punti materiali, concetto di

centro di massa, estensione dei teoremi di conservazione ai sistemi di punti materiali. Urti tra

due punti materiali, urto completamente anelastico, urto elastico. Dinamica del corpo rigido,

definizione di corpo rigido, moto del corpo rigido, momento d'inerzia, teorema di Huygens-

Steiner, moto di puro rotolamento del corpo rigido, leggi di conservazione nel moto di un corpo

rigido. Le leggi di Keplero, traiettorie sotto l'azione della forza gravitazionale, campo

gravitazionale e potenziale gravitazionale, potenziali gravitazionali per alcune distribuzioni di

materia (guscio sferico, sfera piena). Proprietà elastiche dei solidi, onde elastiche in una sbarra

solida, onde in una corda tesa, onde stazionarie, onde sonore, effetto Doppler. Fluidi ideali e

reali.

## **MECCANICA ANALITICA E STATISTICA**

*Docente:* Prof. LERDA Alberto

*e-mail:* [alberto.lerda@mfn.unipmn.it](mailto:alberto.lerda@mfn.unipmn.it)

Numero CFU: 5

Anno: 2

Periodo di insegnamento: 1

Codice della disciplina: S0152

Programma del corso e testi consigliati:

Programma

Lo scopo del corso è fornire agli studenti le nozioni classiche e i metodi di analisi lagrangiano e hamiltoniano per lo studio dei sistemi meccanici, e gli elementi base di meccanica statistica.

Meccanica Analitica

Richiami di meccanica del punto materiale. Formulazione Lagrangiana della meccanica: definizione di Lagrangiana, equazioni di Eulero-Lagrange, definizione di azione e principio variazionale. Formulazione Hamiltoniana della meccanica: definizione di momento canonicamente coniugato e di Hamiltoniana, equazioni di Hamilton e trasformazioni canoniche.

Legame fra principi di simmetria e leggi di conservazione. Meccanica Statistica

Concetti fondamentali della meccanica statistica, stati microscopici e macroscopici, medie temporali e medie statistiche, insiemi statistici. Insiemi microcanonico, canonico e grancanonico. Legame fra la meccanica statistica e la termodinamica.

Testi consigliati

H. Goldstein: Meccanica Classica (ed. Zanichelli, Bologna).

K. Huang: Meccanica Statistica (ed. Zanichelli, Bologna).

## **MECCANICA QUANTISTICA**

Docente: Prof. CASTELLANI Leonardo

e-mail: [leonardo.castellani@mfn.unipmn.it](mailto:leonardo.castellani@mfn.unipmn.it)

Numero CFU: 5

Anno: 3

Periodo di insegnamento: 1

Codice della disciplina: S0606

Programma del corso e testi consigliati:

Programma

Scopo del corso: fornire agli studenti i fondamenti della Meccanica quantistica non relativistica, con applicazioni a sistemi semplici.

Prerequisiti richiesti: buona conoscenza degli argomenti trattati nei corsi di Matematica e di Fisica dei primi due anni.

Argomenti trattati:

Le origini della meccanica quantistica

Crisi della fisica classica. Spettro di emissione del corpo nero. Effetto fotoelettrico. Relazioni di Planck-Einstein. Effetto Compton. Spettri di emissione degli atomi. Esperimento di Rutherford. Modello di Bohr. Onde di probabilità. Relazioni di de Broglie. Pacchetto d' onde. Particella libera localizzata. Principio di indeterminazione. Derivazione euristica dell' equazione di Schroedinger. Le regole della meccanica quantistica. L'analogia ottica e il limite classico.

Strumenti matematici

Lo spazio di Hilbert delle funzioni d'onda di singola particella. Notazione di Dirac, vettori "bra" e "ket". Prodotto scalare. Operatori lineari. Coniugazione hermitiana. Rappresentazioni. Equazione agli autovalori. Autovettori. Osservabili. Insiemi completi di osservabili commutanti. Le osservabili di posizione e di impulso.

I postulati della meccanica quantistica

Stato di un sistema fisico. Postulati sulla misura di osservabili. Riduzione del pacchetto d'onda. Evoluzione temporale dei sistemi quantistici. Regole di quantizzazione. Interpretazione fisica dei postulati. Valor medio, scarto quadratico medio, teorema di Ehrenfest. Densità e corrente di probabilità. Limite classico. Sistemi conservativi. Costanti del moto. Operatore di evoluzione. Rappresentazione di Schroedinger e di Heisenberg.

Sistemi semplici

L'oscillatore armonico. Operatori di creazione e di distruzione. Proprietà generali del momento angolare. Richiami di teoria dei gruppi. Operatori di rotazione. Armoniche sferiche. Particella in potenziale centrale. Atomo di idrogeno: spettro di energia ed autofunzioni. Cenni allo spin e ai sistemi di particelle identiche. Statistiche di Bose e di Fermi.

Testi consigliati



Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe: "Quantum Mechanics", Vol. 1 e 2, ed. Wiley/Hermann.  
R. Shankar: "Principles of Quantum Mechanics" , ed. Plenum Press (1982).  
Dispense del docente.  
Testi per consultazione e approfondimenti:  
A. Messiah: "Quantum Mechanics", Vol. 1 e 2, ed. North-Holland.  
P.A.M. Dirac: "The principles of quantum mechanics", ed. Clarendon Press.  
R. P. Feynman, et al.: "The Feynman Lectures on Physics", Vol III, ed. Addison-Wesley.  
L. D. Landau, E. M. Lifschitz: "Meccanica Quantistica", Editori Riuniti

## **METODI DI MISURA E ANALISI DATI**

*Docente:* Dr. FERRERO Enrico

*e-mail:* [enrico.ferrero@mfn.unipmn.it](mailto:enrico.ferrero@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 5

*Anno:* 1

*Periodo di insegnamento:* 2

*Codice della disciplina:* S0141

*Programma del corso e testi consigliati:*

Programma

Teoria degli errori di misura

Errori come incertezze; Stima degli errori nella lettura delle scale; Stima degli errori nelle misure ripetibili; Rappresentazione e utilizzo degli errori; Cifre significative; Confronto valori misurati-dati; Confronto di due misure; Errore nella somma di due misure; Errori relativi; Errore in un prodotto di due misure; Propagazione degli errori, regole generali; Errori indipendenti; Propagazione degli errori in funzioni arbitrarie; Analisi statistica degli errori casuali; Media e deviazione standard; Deviazione standard della media.

Concetti base di calcolo delle probabilità statistica

Definizione di probabilità Funzioni densità di probabilità; La distribuzione normale; Medie pesate; Metodo dei minimi quadrati; Regressione lineare, polinomiale e logaritmica; Covarianza e correlazione; Distribuzione Binomiale; Distribuzione di Poisson; Principio di massima verosimiglianza; Test del chi quadrato; Test di Student; cenno ai Processi Stocastici.

Testi consigliati

J.R. Taylor: "Introduzione all'analisi degli errori", Zanichelli, Bologna.

Dispense fornite dal Docente.

## **METODI MATEMATICI PER LA FISICA A**

*Docente:* Prof. PONZANO Giorgio

*e-mail:* [giorgio.ponzano@mfn.unipmn.it](mailto:giorgio.ponzano@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 5

*Anno:* 2

*Periodo di insegnamento:* 3

*Codice della disciplina:* S0158

*Programma del corso e testi consigliati:*

Programma

Scopo del corso: acquisire alcuni strumenti matematici ampiamente utilizzati in Fisica.

Prerequisiti: le attività formative in Matematica svolte nei quadrimestri precedenti.

Argomenti trattati:

Introduzione alle trasformate di Fourier, di Laplace, e alle distribuzioni.

Serie di Fourier, disuguaglianza di Bessel, uguaglianza di Parseval. Trasformate di Fourier.

Teorema integrale di Fourier. Introduzione alle distribuzioni:  $\square$ ,  $H$ . Convoluzione. Applicazione

a: soluzione di equazioni integrali; soluzione di equazioni differenziali lineari non omogenee;

soluzione di PDE omogenee: diffusione del calore. Trasformate di Laplace, loro inversione.

Proprietà delle trasformate di Laplace, teoremi di spostamento, convoluzione. Applicazione a equazioni differenziali lineari con termini impulsivi.

Introduzione agli spazi unitari.

Richiami, basi ortonormali. Trasformazioni tra basi, tensori. Matrici unitarie. Polinomi ortogonali, classificazione secondo Rodriguez-Tricomi, polinomi di Legendre, Laguerre,

Hermite. Operatori lineari su spazi unitari finitodimensionali. Operatori hermitiani, operatori normali, diagonalizzazione di operatori normali commutanti. Sistemi differenziali di Sturm-Liouville, autovalori e autofunzioni. Cenni su spazi funzionali: separabilità, completezza; spazi di Hilbert; spazio di Hilbert delle componenti; teorema di Fisher-Riesz, isomorfismo tra spazi di Hilbert separabili.

Testi di riferimento

M. R. Spiegel: Analisi di Fourier, Schaum's n. 26, Etas Libri;

M. R. Spiegel: Trasformate di Laplace, Schaum's n. 27, Etas Libri;

C. Bernardini, O. Ragnisco, P. M. Santini: Metodi Matematici della Fisica, La Nuova Italia Scientifica;

C. Rossetti: Metodi matematici per la Fisica, Levrotto&Bella;

E. Kreyszig: Advanced Engineering Mathematics, John Wiley&Sons;

Appunti del Docente.

## **METODI MATEMATICI PER LA FISICA B**

*Docente:* Prof. PONZANO Giorgio

*e-mail:* [giorgio.ponzano@mfn.unipmn.it](mailto:giorgio.ponzano@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 5

*Anno:* 3 opzionale

*Periodo di insegnamento:* 1

*Codice della disciplina:* S0176

*Programma*

Finalità del corso: acquisire alcuni strumenti matematici ampiamente utilizzati in Fisica.

Prerequisiti: le attività formative in Matematica previste durante i primi due anni della Laurea in Fisica.

Argomenti trattati:

Funzioni di variabile complessa

Sfera di Riemann. Funzioni nel campo complesso. Funzioni a più valori. Funzioni inverse.

Continuità, differenziabilità. Funzioni analitiche. Trasformazioni conformi. Integrali curvilinei.

Teorema di Cauchy-Goursat. Formule integrali di Cauchy. Serie di Taylor. Singolarità isolate.

Serie di Laurent. Residui, teorema dei residui. Calcolo di integrali. La funzione gamma di Eulero. Zeri delle funzioni analitiche.

Equazioni differenziali lineari

Prolungamento analitico, funzioni poldrome. Superfici di Riemann: logaritmo, potenze

frazionarie. Integrali di funzioni poldrome. Equazioni differenziali omogenee del secondo

ordine: soluzione tramite serie, metodo di Frobenius. Soluzione nell'intorno di un punto

regolare; soluzione nell'intorno di un punto singolare fuchsiano. Equazione ipergeometrica:

proprietà principali delle soluzioni.

Testi di riferimento

M.R. Spiegel: Variabili complesse, Schaum's n. 15, Etas Libri;

C. Bernardini, O. Ragnisco, P.M. Santini: Metodi Matematici della Fisica, La Nuova Italia Scientifica;

C. Rossetti: Metodi matematici per la Fisica, Levrotto&Bella;

V.I. Smirnov: Corso di Matematica Superiore, Editori Riuniti;

E. Kreyszig: Advanced Engineering Mathematics, John Wiley&Sons;

Appunti del Docente.

## **OTTICA**

*Docente:* Prof. DARDO Mauro

*e-mail:* [mauro.dardo@mfn.unipmn.it](mailto:mauro.dardo@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 3

*Anno:* 2

*Periodo di insegnamento:* 2

*Codice della disciplina:* S0153

*Programma del corso e testi consigliati:*

*Programma*

Scopo del corso: fornire agli studenti una conoscenza sufficientemente ampia dell'ottica.

Prerequisiti richiesti: conoscenza degli argomenti trattati nel corso di Elettromagnetismo A.

Argomenti trattati:

1. Ottica geometrica – ottica fisica (2 crediti)

La luce: onde elettromagnetiche e fotoni - velocità della luce - intensità. Legge di dell'inverso del quadrato. Sorgenti e rivelatori di luce. Propagazione della luce in un mezzo trasparente - indice di rifrazione. Principio di Huygens. Riflessione, rifrazione, dispersione. Ottica geometrica: specchi, formazione delle immagini, lenti sottili. Strumenti ottici: occhio umano, lente, microscopio, telescopio. Polarizzazione della luce - legge di Malus - polarizzazione per riflessione. Interferenza – sorgenti coerenti e incoerenti - esperimento della doppia fenditura (di Young) - posizione dei massimi e dei minimi - curva dell'intensità. Birifrangenza - lamine di ritardo. Diffrazione - fenditura rettangolare - posizione dei minimi - curva dell'intensità. Fenditura circolare - curva dell'intensità - criterio di Rayleigh. Reticolo di diffrazione - posizione dei massimi principali - potere dispersivo e potere risolutivo del reticolo – Spettroscopia con il reticolo di diffrazione. (2 crediti)

2. Il Laser (1 credito)

Livelli energetici degli atomi. Emissione spontanea - assorbimento - emissione stimolata. Inversione di popolazione – Cavità risonanti ottiche – l'azione laser. Proprietà della luce laser. Tipi di laser: laser a stato solido, laser a gas, laser a semiconduttori. Applicazioni del laser.

Testi consigliati

R. Resnick, D. Halliday: "Fisica" Vol. 2, ed. Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

M. Alonso, E.J. Finn: "Elementi di Fisica per l'Università", Vol. II, ed. Masson, Milano.

Appunti forniti dal docente.

## **RELATIVITÀ E GRAVITAZIONE**

*Docente:* Dr. GRASSI Pietro Antonio

*e-mail:* [pgrassi@mfn.unipmn.it](mailto:pgrassi@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 5

*Anno:* 3opzionale

*Periodo di insegnamento:* 3

*Codice della disciplina:* S0984

*Programma*

Finalità del corso: un'introduzione alla relatività generale. Fornisce gli elementi essenziali, sia concettuali che matematici, della teoria einsteiniana della gravitazione.

Prerequisiti: Avere conseguito i corsi obbligatori.

Argomenti trattati:

Richiami su relatività ristretta e formalismo. Introduzione qualitativa alla relatività generale. Principio di equivalenza, nozione intuitiva di curvatura e trasporto parallelo, simboli di Christoffel, tensore di curvatura e sue proprietà. Analogie fra gravitazione ed elettromagnetismo. Principio variazionale di Einstein-Hilbert ed equazione di Einstein. Accoppiamento della gravità con la materia. Tensore energia-impulso. Equazione delle geodetiche. Limite classico. Metrica di Schwarzschild. Spostamento verso il rosso degli spettri, deflessione dei raggi luminosi, precessione del perielio di Mercurio.

Testi consigliati:

- L. D. Landau, E. M. Lifschitz: "Teoria dei campi", Editori Riuniti.
- H.C. Ohanian, R. Ruffini: "Gravitazione e spazio-tempo", ed. Zanichelli, Bologna.
- B. Schutz: "A first course in general relativity", ed. Cambridge University Press.
- R. Wald: "General relativity", ed. Chicago University Press.

## **STORIA DELLA FISICA**

*Docente:* Prof. DARDO Mauro

*e-mail:* [mauro.dardo@mfn.unipmn.it](mailto:mauro.dardo@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 4

*Anno:* 2

*Periodo di insegnamento:* 3

*Codice della disciplina:* S1056

*Programma del corso e testi consigliati:*

Programma

Scopo del corso: Vengono descritti gli sviluppi più significativi delle scienze fisiche dal XVII secolo ai giorni nostri. Nel corrente anno verrà approfondito il seguente argomento: la nascita del 'modello standard della fisica delle particelle elementari' nella seconda metà del secolo ventesimo.

Argomenti trattati: Galileo Galilei: la nascita della nuova scienza. Isaac Newton: il culmine della rivoluzione scientifica. Il secolo XVIII. Il secolo XIX: La termodinamica - L'ottica - L'elettromagnetismo - L'ipotesi atomica. Il secolo XX: La fisica quantistica - La relatività - Atomi e radiazione - La fisica dei nuclei atomici - La nascita del modello standard - La fisica della materia condensata - Astrofisica e Cosmologia.

Testi consigliati

Mauro Dardo, "Nobel Laureates and Twentieth-Century Physics", Cambridge University Press, Cambridge (England), 2004.

Emilio Segrè, "Personaggi e Scoperte della Fisica Classica", Mondadori, Milano, 1983.

## **STRUTTURA DELLA MATERIA A**

*Docente:* Prof. MASOERO Aldo

*e-mail:* [aldo.masoero@mfn.unipmn.it](mailto:aldo.masoero@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 5

*Anno:* 3

*Periodo di insegnamento:* 2

*Codice della disciplina:* S0181

*Programma del corso e testi consigliati:*

*Programma*

Scopo del corso: fornire agli studenti del Corso di Laurea in Fisica gli elementi di base della meccanica statistica quantistica, fisica atomica, fisica molecolare e fisica dello stato solido.

Prerequisiti: buona conoscenza degli argomenti trattati nei corsi di Fisica generale e di Meccanica quantistica.

Argomenti trattati:

Statistica quantistica: brevi richiami di meccanica quantistica, particella in buca di potenziale, potenziale armonico, potenziale di Morse. Meccanica statistica quantistica, le distribuzioni di Fermi Dirac e di Bose Einstein. Applicazione a sistemi di particelle e di spin.

Fisica atomica e molecolare: Interazione spin-orbita. Atomi idrogenoidi. Atomo di elio. Atomi a molti elettroni, la costruzione della tavola periodica degli elementi. Configurazioni elettroniche. Accoppiamenti L-S e J-J. Fotoni X da transizioni elettroniche. La formazione del legame molecolare. Numeri quantici degli orbitali molecolari. Ibridizzazione della funzione d'onda molecolare. I moti di rotazione e di vibrazione della molecola. Spettrometria Raman (cenni).

Introduzione alla fisica dello stato solido: la rappresentazione ideale di un solido; spazio diretto, spazio reciproco. Equazione dei reticoli. Indici di Miller. Condizione di Bragg. Origine della struttura a bande nei solidi. Zone di Brillouin. Funzioni di Bloch e teorema di Bloch. Moto elettronico in una struttura periodica.

Testi consigliati

Alonso-Finn : "Quantum and statistical Physics", ed. Masson, Milano

Haken, Wolf: "Fisica atomica e quantistica", ed. Bollati-Boringhieri, Torino

R. Fieschi, R. De Renzi: "Struttura della Materia", ed. NIS, Roma

Kittel: "Introduzione alla fisica dello stato solido", ed. Boringhieri, Torino

## **STRUTTURA DELLA MATERIA B**

*Docente:* Dr. SCALAS Enrico

*e-mail:* [enrico.scalas@mfn.unipmn.it](mailto:enrico.scalas@mfn.unipmn.it)

*Numero CFU:* 5

*Anno:* 3opzionale

*Periodo di insegnamento:* 3

*Codice della disciplina:* S0180

*Programma*

Finalità del corso: fornire agli studenti del Corso di Laurea in Fisica alcuni complementi della meccanica statistica.

Nel corso B di Struttura della Materia vengono approfonditi alcuni aspetti del corso A; per gli approfondimenti di fisica dello stato solido si rimanda ad altri corsi.

Prerequisiti: buona conoscenza degli argomenti trattati nei corsi dei primi due anni di fisica e matematica.

Argomenti trattati:

Parte prima: I fondamenti della meccanica statistica. Teorema di Liouville. Teorema di ricorrenza di Poincaré. *Umkehrwand* e *Wiederkehrwand*. Equilibrio statistico e ipotesi markoviana. L'urna di Ehrenfest. Le catene di Markov.

Parte seconda: Introduzione ai fenomeni critici. Il modello di Ising e le sue applicazioni. Le simulazioni di Monte Carlo in meccanica statistica.

Testi consigliati

Hoel, Port, Stone: Introduction to Stochastic Processes, ed. Waveland Press, Prospect Heights

Yeomans: Statistical mechanics of phase transitions, ed. Oxford Science Publications, Oxford

Landau-Lifshitz: Fisica Teorica volume 5, ed. Editori Riuniti, Roma

## **TELERILEVAMENTO**

Docente: Prof. TRIVERO Paolo

e-mail: [paolo.trivero@mfn.unipmn.it](mailto:paolo.trivero@mfn.unipmn.it)

Numero CFU: 5

Anno: 3opzionale

Periodo di insegnamento: 2

Codice della disciplina: S1043

Programma

Finalità del corso: fornire allo studente i principi e le tecniche basilari del telerilevamento da terra e da satellite.

Argomenti trattati:

Il ruolo delle tecniche elettromagnetiche ed acustiche nella misura dei parametri ambientali. Lo spettro elettromagnetico. Trasparenza atmosferica. Il telerilevamento nel visibile, nell'infrarosso e a microonde.

Richiami sulla generazione e ricezione di radiazione coerente. Parametri radiativi di radiatori incoerenti e ricezione di radiazione incoerente. Emissione di radiazione naturale: leggi di Planck, Wien, Stefan-Boltzmann; corrispondenza potenza-temperatura nelle microonde; temperatura apparente e d'antenna. Equazione RADAR. Parametri di interazione con i mezzi naturali. Cenni alla propagazione in mezzi disomogenei: l'ottica geometrica e la teoria geometrica della diffrazione. Interazione della radiazione e.m. con i mezzi naturali; lo scattering da superfici rugose; lo scattering di volume.

Sensori di telerilevamento. Classificazione. Quantità che caratterizzano la qualità dei sensori e dei loro prodotti: risoluzioni geometriche, radiometriche e spettrali, copertura, accuratezza geometrica.

Principi di funzionamento dei radiometri a microonde. Caratterizzazione del rumore di dispositivi e sistemi: temperatura equivalente di rumore, figura di rumore, potenza equivalente di rumore per un sistema antenna-ricevitore. Principi di funzionamento dei radiometri.

Principi di funzionamento e caratteristiche dei sensori attivi a microonde: RADAR, SLAR, SAR, scatterometro per il vento, radar altimetro. Caratteristiche e proprietà radiometriche e geometriche delle immagini radar con principi di interpretazione.

Principi di funzionamento e caratteristiche dei sensori che producono immagini nel visibile e nell'infrarosso: camere fotografiche, tecniche multispettrali.

Telerilevamento dell'atmosfera con tecniche passive a microonde. Proprietà fisiche dell'atmosfera. Scattering di Mie; scattering da idrometeore, idrosoli e aerosoli, scattering molecolare. Spettri di assorbimento; indice di rifrazione complesso dell'atmosfera. Determinazione di profili di temperatura e umidità; misure del contenuto atmosferico integrato di vapor d'acqua e acqua liquida e stima dell'eccesso di percorso elettromagnetico. Stima dell'intensità di precipitazione. Tecniche di "limb-sounding".

Telerilevamento della superficie marina con tecniche passive ed attive a microonde. Misure di temperatura superficiale, salinità, velocità del vento alla superficie; effetto della schiuma. Identificazione di inquinamento da petrolio. Monitoraggio del ghiaccio marino. Stima del campo di vento, dello spettro delle onde, del livello medio del mare e dell'altezza delle onde.

Telerilevamento del terreno e della terra solida con tecniche passive e attive a microonde. Emissione del terreno nudo e di strati di vegetazione. Coefficiente di scattering del terreno nudo e vegetato. Un modello di diffusione di uno strato vegetato. Effetti della umidità, della rugosità della superficie, della struttura e composizione del terreno. Sensibilità alle variazioni dell'umidità del suolo per terreni nudi e vegetati.

Tecniche di interferometria RADAR.

Principi di funzionamento del RASS e del SODAR.

Caratteristiche spettrali del mare, del terreno e della vegetazione nel visibile ed infrarosso.

Stima della temperatura superficiale del mare nell'infrarosso.

Introduzione alle missioni aerospaziali di telerilevamento. Orbite di satelliti per telerilevamento.

Satelliti IKONOS, QUICKBIRD, RADARSAT, ENVISAT, LANDSAT, METEOSAT, SPOT e TIROS.

Satelliti ERS-1 ed ERS-2. Satelliti DMSP. Cenni alle missioni sperimentali (X-SAR/SIR-C) e future. Missioni sperimentali su Space Shuttle. Missioni future.

Testi consigliati

Materiale fornito dal docente.