



GUIDA DIDATTICA del CORSO di LAUREA in SCIENZA DEI MATERIALI

L'orizzonte culturale

La SCIENZA DEI MATERIALI è una disciplina scientifica interdisciplinare, ove si uniscono e si completano le conoscenze e i metodi propri della fisica e della chimica della materia, in modo da approfondire le competenze sulla natura e sulle proprietà dei materiali, per comprendere quelli già esistenti ed eventualmente progettarne di nuovi, tenendo presente –oltre questo aspetto di ricerca– anche le applicazioni ingegneristiche e i processi di realizzazione industriale.

Il corso di studi in breve

Il percorso formativo si propone di fornire allo studente solide basi teoriche e pratiche riguardanti la Scienza dei Materiali, una disciplina che per sua natura è una equilibrata miscela di conoscenze di fisica e di chimica indirizzate alla comprensione delle caratteristiche fondamentali dei materiali, sia quelli oggi disponibili che quelli che potranno essere “progettati” e realizzati nel prossimo futuro.

Gli insegnamenti dei primi tre semestri puntano a fornire le basi di Fisica (meccanica, elettromagnetismo e teoria della misura), Chimica (generale, inorganica ed organica), Matematica (Calcolo e Geometria) e di Informatica, indispensabili alla comprensione degli insegnamenti più formativi di Fisica e Chimica che si svolgeranno nei semestri successivi. Nel quarto e quinto semestre si forniranno corsi relativi alla comprensione della Meccanica Quantistica, dell'Elettronica, della Chimica Fisica e Chimica dei Solidi. Infine l'ultimo semestre fornisce un corso di Fisica dei Solidi e di Fisica dei Materiali.

Ad orientare fortemente la professionalità dello studente concorre anche lo stage esterno obbligatorio, salvo diversa decisione del Consiglio di Corso di Studi, che completa la formazione triennale degli studenti di questo corso.

La durata del corso di laurea in Scienza dei Materiali è di tre anni accademici ed è proposto in un unico curriculum. Ad ogni studente immatricolato viene assegnato un docente tutor che lo segue e lo consiglia durante tutto il percorso formativo.

Modalità di accesso

L'immatricolazione al corso di laurea in Scienza dei Materiali avviene tramite una selezione a numero programmato. Lo studente dopo aver preso visione del bando (visibile sul sito della Macroarea di Scienze al link http://www.scienze.uniroma2.it/wp-content/uploads/2017/06/BANDO-SCIENZA-DEI-MATERIALI-2017_2018.pdf) ed avere espletato le procedure di iscrizione dovrà sostenere nella data, indicata nel bando, un colloquio con una commissione di docenti del corso di studi. Il colloquio sarà articolato su alcune domande, atte a valutare sia le conoscenze scientifiche del candidato (relative al proprio curriculum di studi) sia le motivazioni e l'interesse che il candidato dimostrerà di possedere

verso la Scienza dei materiali. In ogni caso la prima domanda avrà per oggetto un argomento a scelta del candidato. L'esito positivo della prova di ammissione dà accesso al Corso di Laurea.

Date per le immatricolazioni al corso di laurea in Scienza dei Materiali

<u>Termine preiscrizione:</u>	come indicato sul bando di ammissione al corso di laurea
<u>Data Test:</u>	come indicato sul bando di ammissione al corso di laurea
<u>Pubblicazione graduatoria:</u>	come indicato sul bando di ammissione al corso di laurea
<u>Scadenza immatricolazioni:</u>	come indicato sul bando di ammissione al corso di laurea
<u>Inizio delle lezioni:</u>	30 settembre 2019

Trasferimenti

Il trasferimento da altri atenei può essere accolto in base alle possibilità logistiche. In questo caso, allo studente potranno essere riconosciuti i crediti conseguiti nella sua precedente carriera. A tale scopo, gli studenti dovranno presentare domanda preliminare nei modi ed entro i termini indicati sul bando di ammissione.

Obiettivi formativi

Il Corso triennale di Laurea in Scienza dei Materiali ha l'obiettivo di assicurare allo studente frequentante l'acquisizione di conoscenze di base sulle proprietà chimiche e fisiche dei materiali, di capacità sperimentali per la loro caratterizzazione, di competenze tecnico- professionali per il loro utilizzo a scopo applicativo.

Il piano degli insegnamenti propone di sviluppare:

- un'approfondita conoscenza di base della chimica e della fisica nei loro aspetti sperimentali e teorici;
- la comprensione e l'utilizzo degli strumenti matematici appropriati e una adeguata conoscenza di strumenti informatici per la gestione di dati e risultati;
- una solida metodologia di lavoro e un'impostazione interdisciplinare orientata alla risoluzione dei problemi;
- competenze specifiche di laboratorio, attraverso una pluralità di tecniche nei campi dell'analisi, della caratterizzazione e della sintesi di materiali;
- capacità di comunicazione scientifica e di lavoro coordinato all'interno di gruppi.

Il processo formativo del Corso di Laurea viene attuato tramite:

- Frequenza obbligatoria a numerosi corsi di laboratorio;
- Insegnamenti di base di Chimica e Fisica - in quantità bilanciata e affiancati da insegnamenti di Matematica - particolarmente rivolti alla risoluzione dei problemi;
- Svariati insegnamenti specifici di Scienza dei materiali tramite i quali gli studenti vedono via via integrarsi i due diversi approcci, chimico e fisico, allo studio dei materiali;
- Stage finale presso aziende o enti di ricerca (pubblici o privati) che operano nel settore dei materiali e che hanno sottoscritto specifici accordi di collaborazione didattica con il presente Corso di Laurea.

Risultati di apprendimento attesiCapacità di applicare conoscenza e comprensione (applying knowledge and understanding)

I laureati in Scienza dei Materiali acquistano durante il loro percorso formativo vaste conoscenze di base. Per quanto riguarda la matematica, sono in grado di comprendere ed affrontare calcoli differenziali, integrali e di analisi funzionale, di livello universitario. Gli insegnamenti di fisica di base permettono di affrontare e risolvere problemi di meccanica, termodinamica, ottica ed elettromagnetismo. L'alta frequentazione di laboratori didattici fornisce una precisa cognizione del concetto di misura e dell'analisi degli errori. I laureati in questa disciplina sono in grado di trattare i fenomeni della meccanica quantistica conoscendone il formalismo necessario per la fisica ed la chimica dello stato solido. Apprendono i principi basilari della Chimica Organica ed Inorganica, in termini di conoscenza delle proprietà generali degli elementi, dei legami che definiscono la struttura dei composti e delle leggi fondamentali che ne regolano le trasformazioni chimiche e fisiche, e le principali tecniche di caratterizzazione ed analisi chimico-fisica dei materiali e dei composti. Sono in grado di affrontare argomenti scientifici nuovi e di leggere testi in inglese su argomenti di punta della scienza dei materiali.

Autonomia di giudizio (making judgements)

Capacità di raccogliere ed interpretare i dati sperimentali, avendo acquisito esperienza pratica con apparati di misura moderni ed essendo in grado di utilizzare adeguatamente gli strumenti di calcolo; capacità di stimare gli ordini di grandezza e isolare i fattori principali che influiscono sulla precisione del risultato di una misura. Queste capacità sono acquisite nei corsi di laboratorio in Fisica e in Chimica, che prevedono l'insegnamento dell'elaborazione e analisi dei dati, e sono verificate mediante l'elaborazione di relazioni (obbligatorie), nelle quali gli studenti devono elaborare i dati in modo autonomo.

Abilità comunicative (communication skills)

Abilità nel comunicare efficacemente informazioni, idee, problemi e soluzioni in forma orale e scritta, a uditori sia specialistici che generici, anche utilizzando la lingua inglese e le tecnologie messe a disposizione dall'informatica. Gli studenti devono imparare a comunicare, in forma orale e scritta, il contenuto dei propri studi. Tale capacità viene accertata in fase di esame e/o di prova in itinere. In particolare, come descritto nel quadro precedente, le relazioni di laboratorio devono mostrare la capacità degli studenti di esprimere concetti scientifici. Gli studenti possono opzionalmente formulare relazioni ed esami in lingua inglese. Devono comunque mostrare obbligatoriamente la propria capacità di esprimere concetti scientifici in inglese, mediante un esame di idoneità specifico.

Capacità di apprendimento (learning skills)

Capacità di apprendimento che consentano di accedere ai corsi di studio di secondo livello e che comunque rendano lo studente in grado di aggiornarsi autonomamente nelle materie di competenza. Oltre alle relazioni di laboratorio, tutti i corsi includono prove finali e/o in itinere, di norma scritte, che accertano la capacità di apprendimento degli studenti, sia guidate, sia autonome. La prova finale, come descritto in seguito, costituisce una ulteriore verifica delle capacità di apprendimento ed esposizione autonome dello studente.

Ambiti occupazionali previsti per i laureati

Il corso di laurea in Scienza dei materiali garantisce l'accesso senza debiti ad almeno un corso di Laurea Specialistica (laurea magistrale in Scienza e Tecnologia dei Materiali).

Inoltre, sono possibili sbocchi lavorativi: l'accesso a professioni tecniche in organizzazioni governative o settori privati (banking, compagnie di assicurazione, servizi) a livelli decisionali intermedi; l'impiego nell'industria come assistenti tecnici (ad esempio in settori quali elettronica, software/computing, telecomunicazioni, sintesi e caratterizzazione dei materiali); l'impiego nel settore delle scienze e tecnologie informatiche; il ruolo di insegnante in organizzazioni private.

I settori industriali interessati a queste figure professionali sono prevalentemente quelli manifatturieri coinvolti in produzioni di beni con caratteristiche di tipo chimico, meccanico o elettronico, senza trascurare settori di produzione per il miglioramento dell'ambiente, il risparmio di energia e della conservazione de beni culturali.

Sono altresì interessati a tali figure professionali gli enti di ricerca pubblici e privati.

Struttura della didatticaFrequenza

Gli insegnamenti hanno solitamente una durata semestrale, con l'eccezione dei corsi di laboratorio di Fisica sperimentale, e di Chimica generale inorganica con laboratorio che -articolati su due moduli- si estendono su due semestri.

Propedeuticità

Gli esami dei corsi aventi lo stesso titolo devono essere superati seguendo il numero d'ordine (esempio: Calcolo 2 non può essere sostenuto prima di avere superato Calcolo 1).

Inoltre non si possono sostenere:

- l'esame di Fondamenti di Fisica Atomica e Molecolare se non si è sostenuto l'esame di Elementi di Fisica Teorica;
- l'esame di Metodi Matematici se non si sono sostenuti gli esami di Geometria e di Calcolo 1 e 2.

Non si può inoltre sostenere nessun esame di Chimica se non si è precedentemente superato l'esame di Chimica Generale con Laboratorio. Infine non si può svolgere lo Stage finale se non si sono superati tutti gli esami dei primi 5 semestri.

Piani di studio

Ogni studente deve presentare un piano di studio individuale con l'indicazione dei corsi liberi scelti dalla Tabella aggiornata all'anno Accademico in corso. Gli studenti dovranno sottoporre ad approvazione del Consiglio del Corso di Laurea il piano di studi individuale, prima dell'inizio del secondo semestre del III anno. Gli studenti hanno la facoltà di modificare il piano di studi già presentato, sottoponendone uno nuovo al Consiglio di Corso di Laurea per l'approvazione.

Tirocinio e Prova finale

L'attività di tirocinio è obbligatorio nel corso di laurea in Scienza dei Materiali. L'Ateneo ha attivato un servizio di assistenza per i tirocini esterni

(<http://www.scienze.uniroma2.it/?cat=19&catParent=16>).

La prova finale è costituita dalla discussione pubblica del lavoro svolto durante lo "tirocinio esterno".

L'attività di tirocinio, della durata di tre mesi, si svolge normalmente presso ditte manifatturiere operanti nel settore elettronico, chimico, meccanico o presso imprese attive nella realizzazione o caratterizzazione di nuovi materiali. Inoltre il tirocinio può essere svolto presso enti di ricerca pubblici o privati interessati alle proprietà dei materiali. L'attività di tirocinio deve essere seguita da un tutore interno all'Università e supervisionata da un tutore indicato dalla azienda o dall'ente di ricerca. La commissione di docenti esprime il suo giudizio in base ad una valutazione complessiva che tenga in considerazione la carriera dello studente, la qualità del lavoro svolto e della presentazione. Il voto finale, espresso in trentesimi è successivamente convertito in centodecimi con eventuale lode.

Eccezionalmente il "tirocinio" può svolgersi anche con modalità differenti da quelle indicate a seguito di una specifica delibera del Consiglio di Corso di Studio.

OFFERTA FORMATIVA

1° ANNO

I° semestre			
[B]	Mat/05	Matematica 1	10 cfu
[AI]	Chim/03	Chimica Generale Inorganica con Lab (Mod. I)	10 cfu
[C]	Fis/01	Laboratorio di Fisica Sperimentale I	5 cfu
[--]	L-lin/12	Inglese	4 cfu
[--]	---	Corso a scelta *	3 cfu

II° semestre			
[B]	Chim/03	Chimica Generale Inorganica con Lab (Mod. II)	5 cfu
[B]	Fis/01	Fisica Sperimentale 1	10 cfu
[B]	Mat/05	Matematica 2	6 cfu
[AI]	Chim/06	Chimica Organica con Laboratorio	9 cfu

2° ANNO

I° semestre			
[B]	Fis/01	Fisica Sperimentale II	10 cfu
[C]	Fis/02	Metodi Matematici	6 cfu
[AI]	Chim/02	Chimica Fisica con Laboratorio	9 cfu
[C]	Fis/01	Laboratorio di Fisica Sperimentale 2	5 cfu

II° semestre			
[C]	Fis/01	Elementi di Fisica Teorica	7 cfu
[B]	Inf/01	Laboratorio di Informatica	6 cfu
[AI]	Chim/02	Chimica delle Macromolecole con Laboratorio	6 cfu
[C]	Fis/01	Laboratorio di Elettronica	6 cfu
[--]	---	Corso a scelta	3 cfu

3° ANNO**I° semestre**

[C]	Fis/03	Fondamenti di Fisica Atomica e Molecolare	8 cfu
[AI]	Chim/03	Chimica dei Solidi con Laboratorio	8 cfu
[AI]	Chim/01	Chimica Analitica con Laboratorio	8 cfu
[C]	Fis/03	Fisica dei Materiali con Laboratorio	8 cfu

II° semestre

[C]	Fis/03	Fisica dei Materiali	6 cfu
[---]	---	Corso/i a scelta	6 cfu
[---]	---	Tirocinio	12 cfu
[---]	---	Prova Finale	4 cfu

* Corso a scelta consigliato "Introduzione alla Scienza dei Materiali".

Al fine di agevolare la scelta dei corsi liberi la Segreteria didattica del Corso di Laurea mette a disposizione un elenco di corsi (3 CFU) che viene aggiornato all'inizio di ogni Anno Accademico.

* * * * *

Programmi degli insegnamenti**MATEMATICA 1 - 10 CFU**

Prof. Ugo Locatelli [I anno - I semestre]

Numeri reali, numeri complessi. Funzioni reali. Continuità. Derivate. Studi di funzioni. Integrali definiti e indefiniti. Teorema fondamentale del calcolo. Successioni. Calcolo combinatorio. Formula di Taylor. Equazioni differenziali (cenni)

* * * * *

MATEMATICA 2 - 6 CFU

Prof. Lucio Damascelli (Fruito dal corso di Laurea Triennale in Chimica) [I anno - II semestre]

Vettori. Prodotto scalare e vettoriale. Sistemi di vettori linearmente indipendenti. Equazioni della retta e del piano. Funzioni di due variabili: grafici, curve di livello, limiti e continuità. Derivate parziali, gradiente, differenziale, teorema delle funzioni implicite, massimi e minimi liberi e vincolati. Derivate seconde e successive. Integrali curvilinei, forme differenziali e loro integrazione. Integrali doppi. Funzioni vettoriali di variabile vettoriale. Cambiamenti di coordinate, superfici parametriche, superfici di rotazione. Integrali di superficie. Campi vettoriali, campi conservativi, potenziale. Teoremi di Gauss e Stokes.

* * * * *

CHIMICA ANALITICA CON LABORATORIO - 8 CFU

Prof.ssa Danila Moscone [III anno - I semestre]

Generalità (scopi della Chimica Analitica, processo analitico, campionamento). Materiali per tecniche separative in Chimica Analitica. Principi di metodi elettrochimici di analisi. Materiali per sensori

chimici e biosensori. Principi di metodi spettrofotometrici di base. Metodi elettrochimici di analisi. Preparazione di elettrodi ionoselettivi a membrana liquida (K^+ , Ca^{2+} , NH_4^+ o NO_3^-) e sua applicazione all'analisi di campioni reali. Misura polarigrafica di metalli (Pb, Cu, Zn) nell'analisi di leghe. Misura spettrofotometrica di Cr e Mn in miscela negli acciai.

* * * * *

CHIMICA DEI SOLIDI CON LABORATORIO - 8 CFU

Prof. Massimo Tomellini [III anno - I semestre]

Reticoli cristallini. Calore specifico dei solidi. Espansione termica. Compressibilità. Equazione di stato. Coesione dei solidi ionici, dei metalli e dei cristalli di gas nobili. Stabilità delle strutture di: NaCl, CsCl e ZnS. Termodinamica dei difetti di punto. Equilibri tra difetti e reazioni gas-solido. Ossidi semiconduttori. Trasporto di materia nei solidi. Leggi di Fick. Il "random walk". Equazioni di trasporto generalizzate. Coefficiente di diffusione chimico. Equazione di Nernst-Einstein. Sensori elettrochimici a stato solido. Cinetica di ossidazione dei metalli. Teoria di Wagner.

* * * * *

CHIMICA FISICA E LABORATORIO DI CHIMICA FISICA - 9 CFU

Dott.ssa Emanuela Gatto [II anno - I semestre]

Teoria cinetica dei gas. Termodinamica dei gas reali. Reversibilità e irreversibilità. Principi della Termodinamica. Termochimica. Entropia in sistemi chimici. Energia Libera di Helmholtz. Energia Libera di Gibbs. Potenziale chimico. Reazioni chimiche in fase gassosa. Condizione di equilibrio. Costante di equilibrio. Dipendenza della costante di equilibrio dalla temperatura. Soluzioni. Lacune di miscibilità. Solubilità. Proprietà colligative. Diagrammi di fase a più componenti. Eutettico.

* * * * *

CHIMICA GENERALE INORGANICA CON LABORATORIO (Mod.1) - 10 CFU

Prof.ssa Susanna Piccirillo [I anno - I semestre]

La struttura dell'atomo. Sistema periodico degli elementi. Legame chimico (ionico, covalente, metallico). Forze intermolecolari e legame a idrogeno. Stato della materia. Rapporti ponderali nelle reazioni chimiche. Numero di ossidazione. Bilanciamento delle reazioni chimiche. Termodinamica. Funzioni di stato. Equilibri tra fasi. Equilibri chimici omogenei ed eterogenei. La costante di equilibrio termodinamico. Equilibri di solubilità. Dissociazione elettrolitica. Soluzioni e proprietà colligative.

Equilibri acido-base in soluzione acquosa: pH, idrolisi, soluzioni tampone, indicatori. Sistemi ossidoriduttivi: potenziali elettrodi, pile, equazione di Nernst, elettrolisi, legge di Faraday.

* * * * *

CHIMICA GENERALE INORGANICA CON LABORATORIO (Mod.2) - 5 CFU

Dott. Donato Monti [I anno - II semestre]

Molecole biatomiche omonucleari degli elementi del I e II periodo. Molecole biatomiche eteronucleari (CO, NO, CN). Il legame negli acidi alogenidrici. Solidi elementari. Teoria degli orbitali molecolari applicata ai solidi. Metalli, semiconduttori, isolanti. L'energia del reticolo ionico. Proprietà generali di fasi condensate dovute a legami di tipo ionico, covalente, molecolare e metallico. L'idrogeno. Preparazione e principali impieghi. I composti dell'idrogeno: idruri salini, idruri metallici e composti binari molecolari. Preparazione e proprietà generali chimico-fisiche degli elementi dei gruppi I VII e di gas nobili. In particolare, caratteristiche e comportamento dei seguenti elementi e composti: I) Li, Na, K, idruri, ossidi, perossidi, superossidi, idrossidi, sali più comuni: carbonato e idrogenocarbonato di sodio, cloruro di sodio e di potassio, nitrato di potassio. II) Be, Mg, Ca, idruro di berillio, ossido di calcio; III) B, Al, idruri e alogenuri di boro, ossidi e nitruri di boro e di alluminio. IV) C, Si, Sn, Pb, ossidi del carbonio, carburi metallici.

* * * * *

CHIMICA DELLE MACROMOLECOLE CON LABORATORIO - 6 CFU

Dott.ssa Ester Chiessi - Dott. Fabio Domenici (codocenza) [II anno - II semestre]

Cenni storici sulle macromolecole. Definizioni. Caratteristiche e proprietà delle macromolecole. Grado di polimerizzazione. Temperatura di transizione vetrosa. Distribuzione dei pesi molecolari. Peso molecolare medio numerico e ponderale. Indice di polidispersione. Polimerizzazioni con meccanismo a catena e a stadi. Teoria di Carothers. Approccio statistico per la polimerizzazione a stadi. Studio cinetico della polimerizzazione radicalica. Lunghezza cinetica di catena. Temperatura di Ceiling. Polimerizzazione radicalica pseudo vivente. Aspetti tecnologici della polimerizzazione a catena. Polimeri atattici, isotattici, sindiotattici e loro proprietà fisiche e chimiche. Parametri strutturali della catena polimerica: distanza testa-coda, raggio di girazione, lunghezza di contour. Conformazione di catene disordinate: distribuzione gaussiana delle distanze testa-coda. Restrizioni conformazionali rispetto al modello gaussiano: effetto dell'angolo di legame e della torsione diedrale sulla distanza testa-coda. Effetto pentano. Catena equivalente, rapporto caratteristico, segmento di Kuhn. Termodinamica di soluzioni polimeriche. Frazioni in volume. Condizioni Theta. Teoria di Flory-Huggins della soluzione polimerica. Lacuna di miscibilità di soluzioni polimeriche. Condizioni critiche. Curve binodale e spinodale. Cenni su proprietà idrodinamiche di polimeri in soluzione: catene free-draining e non free-draining. Viscosità. Peso molecolare medio viscosimetrico. Metodi di frazionamento: cromatografia a permeazione di gel, precipitazione frazionata. Soluzioni diluite. Pressione osmotica. Fibre ed elastomeri: aspetti strutturali. Termodinamica della deformazione di elastomeri. L'elastomero come molla.

entropica. Teoria statistica dell'elasticità. Isteresi meccanica degli elastomeri. Laboratorio: Caratterizzazione di polimeri termoplastici mediante calorimetria a scansione differenziale. Spettroscopia IR per il riconoscimento di campioni polimerici commerciali. Sintesi del nylon 6,10 all'interfaccia acqua/esano.

Testi Consigliati:

Introduction to Polymers, R.J. Young, P.A. Lovell CRC Press

* * * * *

CHIMICA ORGANICA CON LABORATORIO - 9 CFU

Dott. Giuseppe Pomarico [I anno - II semestre]

Struttura e legame nelle molecole organiche. Nomenclatura sistematica delle principali classi di composti organici. Conformazioni di alcani e cicloesano. Stereoisomeria geometrica (notazioni cis, trans ed E,Z). Stereoisomeria ottica. Classificazione delle reazioni e dei reagenti. Concetti fondamentali dei meccanismi di reazione. Cenni sugli aspetti cinetici e termodinamici delle reazioni. Reazioni di alogenoalcani, alcoli, ammine, alcheni, alchini, alcadieni. Reazioni dei composti aromatici. Reazioni di acidi carbossilici e derivati. Proprietà fisiche dei solidi, dei liquidi e loro purificazione. Analisi mediante distribuzione tra fasi. Estrazione con solventi. Cromatografia. Gascromatografia. Cenni di cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC). Metodi spettroscopici. Spettroscopia nell'ultravioletto e nel visibile. Spettroscopia infrarossa. Spettroscopia di risonanza magnetica nucleare. Cenni sull'analisi elementare qualitativa. Alcuni saggi di riconoscimento dei gruppi funzionali.

* * * * *

ELEMENTI DI FISICA TEORICA - 7 CFU

Prof.^{ssa} Elena Cannuccia - Prof. Gianluca Stefanucci (codocenza) [II anno - II semestre]

Equazioni di Eulero ed Equazioni Hamilton. Crisi della Fisica Classica. Postulati della Meccanica Quantistica: osservabili e operatori. Oscillatore Armonico. Teoria delle rappresentazioni. L'equazione di Schroedinger. Sistemi unidimensionali. Evoluzione Temporale. Teoria del momento angolare. Particella in campo Centrale. Atomo di Idrogeno. Teoria delle perturbazioni, indipendente e dipendente dal tempo. Regola Aurea di Fermi. Basi statistiche della termodinamica. Teoria degli ensemble. Statistiche quantistiche.

Testo Consigliato

Lezioni di Meccanica Quantistica, II edizione, Luigi E. Picasso. Edizioni ETS.

* * * * *

FISICA DEI MATERIALI CON LABORATORIO - 8 CFU

Prof.^{ssa} Paola Castrucci - Prof. Roberto Francini (codocenza) - Dott.^{ssa} Beatrice Bonanni (codocenza)

[III anno - I semestre]

Introduzione dei concetti di fabbricazione, struttura, proprietà e prestazioni di un materiale e loro

correlazione.

Ciclo dei materiali. Le forze di coesione. Stato solido, condensazione della materia, cristalli. Strutture cristalline. Reticolo diretto. Vetri e varie altre aggregazioni dello stato condensato. Diffrazione di raggi X. Struttura molecolare dei polimeri organici. Imperfezioni nei solidi. Difetti puntiformi, dislocazioni, bordi di grano. Microscopia ottica ed elettronica. Diffusione. Proprietà meccaniche di metalli, vetri e polimeri: resistenza; sforzo e deformazioni, energia di deformazione ed effetto anelastico. Dislocazioni e meccanismi per aumentare la resistenza. Rottura dei materiali. Leghe e diagrammi di fase. Trasformazioni di fase. Acciai. Proprietà elettriche, termiche ed ottiche. Modello di Drude: conducibilità elettrica, effetto Hall, riflettività dei metalli. Proprietà magnetiche. Esperienza di diffrazione di raggi X, di proprietà meccaniche di acciaio, alluminio, rame, polimeri; di sinterizzazione; di analisi al microscopio a scansione elettronica; di realizzazione e misura di una cella solare commerciale e una a base di nanotubi di carbonio e silicio.

* * * * *

FISICA DEI SOLIDI - 6 CFU

Prof. Mauro Casalboni - Dott. Matteo Saòvato (codocenza) [III anno - II semestre]

Struttura dei solidi: Cella primitiva e convenzionale, cella di Wigner-Seitz con esempi. Diffrazione dei raggi x, condizioni di Bragg e von Laue. Modi degli elettroni liberi in una scatola, modello quantistico per elettroni liberi, densità degli stati. Il teorema di Bloch, caso unidimensionale. Potenziali periodici. La densità degli stati. Modello di Kronig-Penney. Metodi di calcolo delle bande di energia. Approssimazione di Hartree e Hartree-Fock. Classificazioni dei solidi (metalli, semiconduttori ed isolanti) Energia di coesione dei solidi. La superficie di Fermi nei metalli. Gli eccitoni negli isolanti e nei conduttori. Teoria classica delle vibrazioni, calcolo del calore specifico e legge di Dulong-Petit. Approssimazione di Born-Oppenheimer, principio di Frank-Condon. Catena lineare monoe bi-atomica. Vibrazioni nei cristalli in 3D. I fononi. Branca acustica ed ottica. Proprietà ottiche dei fononi. Relazione di dispersione (Kramers Kronig), assorbimento, densità congiunta degli stati, cenni su polaritone. Modelli di Drude e Lorentz, Proprietà ottiche nei semiconduttori ed isolanti. Regola d'oro di Fermi. Transizioni dirette ed indirette nei semiconduttori.

* * * * *

FISICA SPERIMENTALE 1 - 10 CFU

Prof. Claudio Goletti [I anno - II semestre]

Meccanica: fenomeni, osservazioni, misure. Algebra vettoriale. Cinematica del punto materiale. Dinamica del punto materiale e dei sistemi di punti. Lavoro ed energia. Urti elastici ed anelastici. Dinamica dei sistemi rigidi. Termodinamica: temperatura e sistemi termodinamici. Teoria cinetica dei gas. Primo principio della termodinamica. Secondo principio della termodinamica. Entropia.

* * * * *

FISICA SPERIMENTALE 2 - 10 CFU

Prof. Roberto Francini [II anno - I semestre]

Carica elettrica, campi e potenziali; lavoro e energia elettrostatica, sistemi di conduttori, capacità; cenni sull'elettrostatica nei dielettrici. Corrente elettrica, fenomeni di conduzione e legge di Ohm; leggi di Kirchoff. Forza di Lorentz, campo magnetico nel vuoto, formule di Laplace, teorema di Ampère, Campi elettrici e magnetici variabili nel tempo: induzione elettromagnetica, legge di Faraday-Neumann, corrente di spostamento. Cenni sulle proprietà magnetiche della materia. Moto di particelle cariche in campi elettrici e magnetici. Equazioni di Maxwell. Fenomeni ondulatori: propagazione delle onde, equazione d'onda. Onde elettromagnetiche, vettore di Poynting. La luce. Il principio di Huygens. Ottica geometrica. Interferenza e diffrazione.

* * * * *

FONDAMENTI DI FISICA ATOMICA E MOLECOLARE - 7 CFU

Prof. Massimo Fanfoni – Prof. Claudio Goletti (codocenza) [III anno - I semestre]

Teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo. Interazione radiazione-materia. Correzioni relativistiche nell'atomo di idrogeno. Atomo di idrogeno in campi (effetto Zeeman e Stark). Approssimazione del campo centrale. Atomo di elio. Atomi a molti elettroni. Approssimazione di Born-Oppenheimer. Molecole biatomiche, H₂⁺ (combinazioni simmetrica e antisimmetrica di orbitali atomici).

Molecole biatomiche. Stati rotazionali. Stati vibrazionali. Stati elettronici (modello LCAO e di Hückel). Spettroscopie.

* * * * *

INGLESE - 4 CFU

Docente da definire

MAIN OBJECTIVES. The course aims at the consolidation and improvement of the four language skills (reading, writing, listening, and speaking) through a wide range of activities in the field of science. COURSE CONTENT. The lessons will be organized around various thematic units based on the course textbook and articles taken from authentic sources such as newspapers, the internet, specialized journals and hand-outs distributed in class. Each unit will focus on enhancing general language structures, vocabulary and functions on the basis of the readings and inclass discussions. Particular attention will be given to improving reading comprehension and summarizing skills.

* * * * *

LABORATORIO DI ELETTRONICA - 6 CFU

Dott. Matteo Salvato [II anno - II semestre]

Cenni sulla struttura a bande dei semiconduttori. Drogaggio dei semiconduttori. Giunzioni p-n. Potenziale di barriera. Polarizzazione diretta e inversa della giunzione p-n. Caratteristica I-V del diodo. Applicazioni del diodo: raddrizzatore a semionda, a doppia onda, a ponte di Graetz, circuito livellatore,

ripple. Transistor: funzionamento; equazioni fondamentali, caratteristiche di ingresso e uscita. Punto di lavoro e circuiti di polarizzazione. Modello a.c. a pi greco. Amplificazione di tensione. Impedenza di ingresso e uscita. Amplificatore a Emettore Comune (CE). Configurazione a Collettore Comune (CC). Amplificatore differenziale. Amplificatori di potenza: potenza dissipata, potenza prodotta, efficienza. Amplificatori in classe. Tecniche di fabbricazione di circuiti integrati. Amplificatore Operazionale (OPAMP): caratteristiche ideali, concetto di massa virtuale. Circuito reazionato. OPAMP in configurazione invertente e non invertente. Risposta in frequenza. Sommatore, media, DAC, differenziale. Filtri attivi. Tecnologia FET e MOSFET. Circuiti digitali.

* * * * *

LABORATORIO DI FISICA SPERIMENTALE 1

Dott.ssa Beatrice Bonanni [5 cfu, I anno - I semestre]

DISCUSSIONE DEI METODI STATISTICI PER TRATTAMENTO DEI DATI ED ANALISI DEGLI ERRORI.

1. Errori di misura ed incertezze sperimentali.

a. Inevitabilità dell'incertezza in una misura sperimentale. Stima delle incertezze: nella lettura della scala di uno strumento di misura, nella ripetizione di una misura. Migliore stima di una grandezza. Cifre significative. Confronto tra misure. Incertezze relative. b. Propagazione delle incertezze sperimentali. Misurazione diretta e valutazione indiretta di grandezze fisiche. Propagazione degli errori per misure affette da incertezze casuali ed indipendenti. Propagazione degli errori massimi.

2. Analisi statistica dei dati sperimentali.

a. Errori casuali ed errori sistematici. Media e deviazione standard. Deviazione standard per una singola misura. Deviazione standard della media. b. La distribuzione di Gauss. Istogrammi e distribuzioni. Distribuzioni limite. La distribuzione normale. Deviazione standard e limite di confidenza. Il valor medio come miglior stima della misura di una grandezza. Deviazione standard della media. c. Rigetto dei dati sperimentali. Criterio di Chauvenet. d. La media pesata. Il problema della combinazione di misure diverse per una stessa grandezza. e. Il metodo dei minimi quadrati. Analisi della dipendenza lineare di dati sperimentali in un grafico: $y=A+Bx$. Valutazione dei coefficienti A e B della retta, e della loro incertezza. Minimi quadrati pesati. f. Covarianza e correlazione. Nuove considerazioni sulla propagazione degli errori. Il coefficiente di correlazione lineare r di Pearson. g. La distribuzione binomiale. Definizione e proprietà. Esempi. h. La distribuzione di Poisson. Definizione e proprietà. Esempi. i. Il test del χ^2 per una distribuzione. Definizione generale del χ^2 . Gradi di libertà e χ^2 ridotto. La probabilità per il χ^2

INTRODUZIONE ALLA SPERIMENTAZIONE DELLA FISICA CLASSICA: MECCANICA, TERMODINAMICA.

Utilizzo della relativa strumentazione e metodologia di misura.

Una serie di esperimenti condotti in laboratorio addestreranno lo studente all'utilizzo della strumentazione e delle tecniche illustrate nelle lezioni, e alla elaborazione di una relazione di quanto ottenuto durante l'esperimento svolto.

* * * * *

LABORATORIO DI FISICA SPERIMENTALE 2

Dott. Ernesto Placidi [5 cfu, II anno - I semestre]

Corrente continua, considerazioni generali. Generatori ideali di tensione e corrente.

Cenni di teoria dei circuiti in corrente continua.

Legge di Ohm

Principi di Kirchhoff

Teorema di sovrapposizione

Circuiti equivalenti

Teoremi di Thevenin e Norton

Trasferimento di potenza da un generatore ad un carico

Elementi reali di circuito elettrico

Generatori reali

Misure di intensità di corrente e di tensione elettrica. L'amperometro e il voltmetro.

Misure di resistenza con amperometro e voltmetro. Il ponte di Wheatstone.

Reti elettriche in regime sinusoidale, generalità.

Rappresentazione simbolica di una grandezza sinusoidale: derivata e integrale.

Relazione tra tensione e corrente in corrente alternata. Elementi passivi ideali.

Principi di Kirchhoff in AC.

Impedenza e impedenza equivalente in una rete passiva.

Risoluzioni di circuiti. Funzione di trasferimento (attenuazione) di una rete passiva.

Circuiti RC, CR, LR, RL. Filtri passa-alto e passa-basso.

Circuiti passabanda passivi RCCR

Circuiti derivatori e integratori in regime sinusoidale e con ingresso di tipo particolare.

Circuito oscillante RLC e parallelo con l'oscillatore armonico forzato.

Linea di trasmissione e impedenza di una rete infinita.

Principi di Huygens e di Fermat

Legge di Snell, riflessione totale. Il prisma e il potere dispersivo.

La polarizzazione. Riflessione e rifrazione di luce polarizzata. L'angolo di Brewster.

Interferenza prodotta da due fenditure. Esperienza di Young.

Diffrazione da una fenditura e reticolo di diffrazione.

* * * * *

LABORATORIO DI INFORMATICA - 6 CFU

Prof.ssa Roberta Sparvoli [II anno - II semestre]

Breve introduzione ai cenni storici del C. Programmazione in C, l'aritmetica del C, operatori algebrici e relazionali, gli operatori di assegnamento, operatori di incremento e decremento. Strutture di selezione IF, IF-ELSE e nidificazioni, struttura di iterazione WHILE. Codice Ascii. Il comando di iterazione FOR, il comando di selezione multipla SWITCH, istruzione break e continue. Operatori logici. Programmazione con i vettori, gestione delle stringhe di caratteri. Generazione di numeri random. Programmazione con le funzioni, le funzioni della libreria matematica, scrivere le proprie funzioni, funzioni ricorsive. L'elaborazione dei files in C.

* * * * *

METODI MATEMATICI - 6 CFU

Prof. Massimo Tomellini [II anno - I semestre]

Complementi di analisi. Integrali multipli, operatori differenziali. Soluzioni di equazioni differenziali ordinarie con applicazioni. Spazi vettoriali a dimensione finita. Vettori e Matrici. Formalismo di Dirac. Autovalori e autovettori di matrice: diagonalizzazione. Funzioni di matrici. Spazi funzionali. Operatori lineari negli spazi funzionali e loro proprietà. Commutatori e loro significato fisico. Rappresentazione di un operatore in una base, cambiamenti di base, autonormalità e completezza, rappresentazione spettrale. Connessioni con la Meccanica Quantistica. Serie e Trasformate di Fourier e di Laplace. Convoluzione. Funzione di Dirac e sue proprietà. Funzioni di variabile complessa: relazioni di Cauchy. Teorema di Cauchy. Funzioni monodrome e polidrome. Sviluppo di Laurent. Teorema dei residui.