



Universita' degli Studi di Padova  
FACOLTA' DI SCIENZE MM.FF.NN.

## **Bollettino Notiziario**

Anno Accademico 2010/2011

# **Laurea in Scienza dei Materiali**

Programmi dei Corsi

---

# Curriculum: Corsi comuni

---

## C.I. DI CHIMICA GENERALE E INORGANICA E LABORATORIO

---

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:**

### CHIMICA GENERALE E INORGANICA E LABORATORIO (MOD. A)

---

(Titolare: Prof. MAURIZIO CASARIN) - Mutuato da: Laurea in Chimica

**Periodo:** I anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Tipologie didattiche:** 56A; 7,00 CFU

**Prerequisiti :**

E' necessario saper risolvere le equazioni di primo e di secondo grado; eseguire le operazioni con i logaritmi e con i numeri scritti con la notazione esponenziale; conoscere il significato delle funzioni trigonometriche

**Obiettivi formativi :**

Il corso di "Chimica Generale ed Inorganica e Laboratorio" ha come obiettivo principale lo studio delle proprietà e della struttura degli atomi, dei composti e delle molecole, nonché delle miscele e soluzioni degli stessi, quali costituenti base della natura e di come essi si combinano per produrre i vari stati della materia.

**Contenuto dell'attività formativa :**

La materia, sue proprietà e misura;  
Gli atomi e la teoria atomica;  
Composti Chimici;  
Le reazioni chimiche;  
Il legame chimico I: concetti fondamentali;  
Gas ideale e gas reali;  
Liquidi, solidi e forze intermolecolari;  
Termochimica e cenni di termodinamica;  
Soluzioni e loro proprietà fisiche;  
Principi dell'equilibrio chimico;  
Acidi e basi;  
Elettrochimica;  
Cinetica chimica;  
Elettroni negli atomi;  
Tavola periodica degli elementi;  
Il legame chimico II: Legame covalente e introduzione alla teoria degli orbitali molecolari.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta, Orale

**Testi di riferimento :**

"Principle of Chemistry" di Munowitz, M. - Norton Paperback (2000).  
"Chimica Generale – principi e moderne applicazioni" di Petrucci, R. H.; Harwood, W. S.; Herring, F. G. – Piccin Nuova Libreria S.p.A., Padova (2004).

### CHIMICA GENERALE E INORGANICA E LABORATORIO (MOD. B)

---

(Titolare: Prof. MAURO SAMBI) - Mutuato da: Laurea in Chimica Industriale

**Periodo:** I anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Tipologie didattiche:** 8A+36E+32L; 6,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Scienze Chimiche  
**Aule :** Vedere gli orari dei corsi sul sito web del Corso di Studi

**Prerequisiti :**

nessuno

**Propedeuticità' :**

nessuna

**Obiettivi formativi :**

La parte di esercitazioni prevede l'acquisizione dei concetti di base della stechiometria, cioè degli aspetti numerici dei più semplici concetti chimici. Le esperienze di laboratorio, precedute da lezioni introduttive in aula, consentono l'acquisizione di conoscenze relative alle norme di prevenzione e sicurezza nell'uso di sostanze chimiche e alle norme comportamentali e di pronto intervento in caso di incidenti. Familiarizzazione con vetreria ed altre semplici apparecchiature e con le procedure di uso più comune nei laboratori chimici.

**Metodi didattici :**

Esercitazioni numeriche in aula; esercitazioni di laboratorio precedute da lezioni introduttive in aula.

### **Contenuto dell'attività formativa :**

#### **ESERCITAZIONI D'AULA**

Il modulo prevede lo svolgimento di esercizi e dimostrazioni relativi agli argomenti trattati nel modulo A, con il quale È strettamente coordinato. In particolare saranno proposti esercizi sui seguenti argomenti: Unità di massa chimica, Numero di Avogadro, mole. Bilanciamento chimico in forma molecolare/ionica. Bilancio massa/carica. Bilanciamento reazioni non-redox. Bilanciamento reazioni redox con i metodi dei numeri di ossidazione e delle semireazioni. Concentrazione e diluizione. Analisi volumetrica. Legge di azione di massa. Elettroliti (forti/deboli) e ioni complessi. Acidi e basi forti/deboli. Grado di dissociazione. Acidi poliprotici/anfoliti. Idrolisi dei sali. Soluzioni tampone da sali acidi e/o basici. Prodotto di solubilità. Ione comune. Calcolo della f.e.m. di una pila. Relazione tra f.e.m. e costante di equilibrio. Determinazione del pH per via elettrochimica. Elettrolisi. Leggi di Faraday.

#### **ESPERIENZE DI LABORATORIO**

1) Caratteristiche di Alcuni Processi Chimici e Fisici.

(reazioni acido/base, salificazione, processi endo/esotermici,...)

2) Esperimenti di Elettrochimica.

(pila al limone, reazioni redox, pila Daniell)

3) Effetto della Concentrazione e della Temperatura sull'Equilibrio. Effetto dello Ione Comune sulle Soluzioni Tampone.

(applicato alla chimica acquosa del Co(II) e ad equilibri acido-base)

4) Sintesi del Potassio Alluminio Solfato a Partire da Alluminio Riciclato.

(sintesi, cristallizzazione e punto di fusione dell'allume)

5) Titolazioni Acido-Base.

(titolazioni forte/forte e debole/forte)

6) Distillazione di una soluzione acquosa di acido cloridrico.

7) Ciclo del Rame.

(reazioni redox, acido/base, precipitazione,... applicate alla chimica acquosa del rame)

8) Proprietà Chimiche Degli Ioni Fe(II) E Fe(III) in Soluzione Acquosa. Proprietà Chimiche degli Ioni Cu(II) in Soluzione Acquosa. Proprietà Chimiche di Ag(I) in Soluzione Acquosa. (chimica acquosa di alcuni elementi di transizione)

### **Struttura della verifica di profitto :**

Scritta, Orale

#### **Descrizione verifica profitto :**

Relazioni di laboratorio e prova scritta di stechiometria per l'ammissione alla prova orale relativa al Modulo A.

#### **Testi di riferimento :**

"Principles of Modern Chemistry", D. W. Oxtoby, H. P. Gillis, A. Campion, Ed. Thomson Brooks/Cole;

"Calcoli stechiometrici", P. Ferri, Ed. ETS;

"Fondamenti di stechiometria", P. Michelin Lausarot , G. A. Vaglio, Ed. Piccin;

"Problemi di chimica generale", A. Peloso, Ed. Libreria Cortina.

---

## **C.I. DI CHIMICA ORGANICA 1**

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:**

---

## **CHIMICA ORGANICA 1 (MOD. A)**

(Titolare: Prof. GIANFRANCO SCORRANO) - Mutuato da: Laurea in Chimica

**Periodo:** 1 anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Scienze Chimiche

**Aule :** Vedere gli orari dei corsi sul sito web del Corso di Studi

#### **Prerequisiti :**

Conoscenza sul perché (termodinamica) e come (cinetica) avvengono le reazioni chimiche. Conoscenza della tavola periodica e del suo significato.

#### **Obiettivi formativi :**

Il corso di Chimica Organica I comprende, oltre alle definizioni degli aspetti generali che sono alla base della chimica dei composti organici (interazioni acido-base, equilibri e velocità di reazione, risonanza, stereoisomeria, ecc.), la descrizione sistematica delle varie classi di composti monofunzionali sotto il duplice aspetto statico (struttura) e dinamico (reattività).

#### **Metodi didattici :**

Lezioni frontali; le lezioni sono integrate dalle esperienze di laboratorio descritte nel modulo B del corso.

#### **Contenuto dell'attività formativa :**

Che cos'è la chimica organica: colori e odori.

Le strutture organiche ed i gruppi funzionali.

La determinazione delle strutture organiche: cenni di spettrometria di massa, <sup>13</sup>C NMR, IR con esempi.

La struttura delle molecole organiche: elettroni, orbitali atomici, orbitali molecolari.

Le molecole biatomiche. I doppi legami pi greco tra C=C e C=O.

L'ibridizzazione degli orbitali atomici del carbonio:  $sp^3$ ,  $sp^2$ ,  $sp$ .

Acidità di atomi di H legati a carboni  $sp^3$ ,  $sp^2$ ,  $sp$ .

Gli acetileni. Sintesi di acetilene disostituiti.

La reattività interpretata sulla base della sovrapposizione degli orbitali molecolari.

Definizione di reagenti elettrofili e nucleofili.

Effetto del solvente: energia di cavitazione, separazione delle particelle e solvatazione.

L'addizione nucleofila al carbonile: nucleofili ed elettrofili in termini di orbitali molecolari.

Reazioni di carbonili con: cianuri (formazione di cianoidrine), idruri (riduzioni ad alcoli), acqua (formazione di emiacetali), alcoli (formazione di acetali).

Delocalizzazione e coniugazione: orbitali molecolari di etilene e polieni. L'1,3-butadiene.

Il sistema allilico: catione, radicale, anione.

Sistemi analoghi all'allile: anione carbossilato, gruppo nitro, estere, ammid.

La rotazione impedita nella N,N-dimetilacetammide.

Polieni coniugati e colore.

L'aromaticità nei polieni ciclici: calore di idrogenazione del benzene, regola di Huckel, orbitali molecolari del benzene.

I composti eterociclici aromatici: piridina, pirrolo, furano, tiofene.

Il catione cicloeptatrienilico, l'anione ciclopentadienilico, il catione di ciclopropenio.

I composti organometallici:  $RMgX$  e  $RLi$ .

Sintesi di composti organometallici per deprotonazione di alchini. Sintesi di acetileni disostituiti.

Il legame C-Li nei litio alchili ed effetto degli acidi su litioalchili e su Grignard.

Reazione di composti organometallici con anidride carbonica, formaldeide, aldeidi e chetoni.

Carbonili contenenti legami buoni gruppi uscenti: reazioni dei derivati degli acidi e loro scala di reattività.

Il  $pK_a$  per prevedere la capacità di gruppo uscente: il  $pK_a$  dell'acqua, degli alcoli, dei derivati dell'ammoniaca.

Trasformazione dei cloruri degli acidi negli altri derivati: catalisi acida.

Idrolisi con catalisi acida e basica di ammidi ed esteri.

Reattività dei carbonili con perdita di ossigeno: reazione con ammoniaca e derivati, con idrossilammina, con ammine secondarie (formazione di enammine).

Formazione ed idrolisi di emiacetali ed acetali.

Uso degli acetali come gruppi protettori.

La reazione di Wittig.

Riduzioni di ammidi ad ammine.

Molecole chirali: enantiomeri, forme meso.

Le regole di Cahn, Prelog, ed Ingold per definire la configurazione assoluta degli enantiomeri.

Il piano della luce polarizzata e le tecniche per riconoscere i composti chirali.

Rotazione specifica. Molecole con più centri chirali.

Alleni e binaftili.

Separazione di enantiomeri.

Diastereoisomeri E e Z

Sostituzioni nucleofile al carbonio saturo.

Struttura e stabilità dei carbocationi.

I meccanismi  $SN_1$  e  $SN_2$  delle sostituzioni nucleofile alifatiche.

$SN_2$ : equazione cinetica, nucleofili, gruppi uscenti, effetto solvente.

$SN_1$ : equazione cinetica, stabilità e struttura di carbocationi terziari, allilici e benzilici.

Stereochimica della reazione  $SN_2$ : dimostrazione dell'inversione di configurazione.

Paragone tra  $SN_1$  e  $SN_2$ : effetti strutturali, del gruppo uscente, del nucleofilo e del solvente

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

**Descrizione verifica profitto :**

Accertamenti periodici sono effettuati mediante compiti scritti con domande a scelta multipla che includono tests di comprensione di quanto svolto nel corso parallelo di laboratorio (modulo B).

**Testi di riferimento :**

J. Clayden, N. Greeves, S. Warren, P. Wothers: "Fondamenti di Chimica Organica", Ed. Zanichelli, Bologna 2006.

G. L. Pavia, G. M. Lampman, G. S. Kriz "Il Laboratorio di Chimica Organica", Ed. Sorbona 1994.

A. I. Vogel "Chimica Organica Pratica" Ed. Ambrosiana, 1988

R. Fornasier "Guida alla Sicurezza nei Laboratori Chimici", Ed. Libreria Cortina, Padova 1998.

## **CHIMICA ORGANICA 1 (MOD. B)**

(Titolare: Prof. ALESSANDRO MORETTO)

**Periodo:** 1 anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** +12E+48L; 4,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Scienze Chimiche

**Aule :** Vedere gli orari dei corsi sul sito web del Corso di Studi

**Prerequisiti :**

Conoscenza sul perché (termodinamica) e come (cinetica) avvengono le reazioni chimiche. Conoscenza della tavola periodica e del suo significato.

**Obiettivi formativi :**

Definizioni degli aspetti generali che sono alla base della chimica dei composti organici. Acquisire le conoscenze e le competenze necessarie per l'esecuzione corretta delle fondamentali operazioni e procedure di laboratorio attualmente utilizzate in chimica organica.

**Contenuto dell'attività formativa :**

Nomenclatura dei composti organici.

Uso dei modelli molecolari.

Tecniche di purificazione e di caratterizzazione di composti organici: estrazione, cromatografia su strato sottile (TLC), distillazione,

filtrazione, cristallizzazione, evaporazione a pressione ridotta, determinazione dei punti di fusione ed ebollizione.

Gli argomenti di cui sopra saranno svolti attraverso la serie di esperienze di seguito elencate:

Analisi conformazionale di composti organici attraverso l'uso di modelli molecolari.

Isolamento di un prodotto naturale tramite distillazione in corrente di vapore.

Separazione acido-base di una miscela di tre composti organici, purificazione per ricristallizzazione e analisi mediante cromatografia su strato sottile (TLC).

Separazione di un alcool ed un'aldeide tramite reazione con bisolfito di sodio.

Sintesi di un acetale ciclico in soluzione acquosa e determinazione del suo punto di fusione.

Sintesi di un'ossima e determinazione del suo punto di fusione.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

**Descrizione verifica profitto :**

Accertamenti periodici sono effettuati mediante compiti scritti con domande a scelta multipla.

**Testi di riferimento :**

(per consultazione)

H. Hart, L.E. Craine "Laboratorio di Chimica Organica", Ed. Zanichelli, 1998.

G. L. Pavia, G. M. Lampman, G. S. Kriz "Il Laboratorio di Chimica Organica", Ed. Sorbona 1994.

A. I. Vogel "Chimica Organica Pratica" Ed. Ambrosiana, 1988

R. Fornasier "Guida alla Sicurezza nei Laboratori Chimici", Ed. Libreria Cortina, Padova 1998.

**Ausili didattici :**

Dispense di laboratorio.

---

## C.I. DI SCIENZA DEI MATERIALI

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:**

---

## SCIENZA DEI MATERIALI (MOD. A)

(Titolare: Prof. ANTONIO MARIGO)

**Periodo:** III anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU

**Prerequisiti :**

Cristallografia, Chimica dello Stato Solido

**Obiettivi formativi :**

Il corso tende a far acquisire una buona conoscenza dei processi di sintesi, della caratterizzazione e delle applicazioni dei principali materiali polimerici.

**Contenuto dell'attività formativa :**

Generalità sui materiali polimerici.

Costituzione, conformazione e configurazione delle macromolecole.

Transizione vetrosa.

Cristallizzazione.

Processi di polimerizzazione e copolimerizzazione.

Proprietà chimico-fisico-meccaniche dei polimeri e loro determinazione.

Metodi di trasformazione dei materiali polimerici.

Additivi.

Descrizione dei principali materiali polimerici: materiali termoplastici e termoindurenti, produzione e caratteristiche.

Fibre artificiali e sintetiche.

Film polimerici.

Elastomeri naturali e sintetici.

Compositi polimerici.

**Struttura della verifica di profitto :**

Orale

**Testi di riferimento :**

A.I.M., "Fondamenti di Scienza dei Polimeri", Pacini Editore..

P.C. Painter, M.M.Coleman, "Fundamentals of Polymer Science", CRC Press.

---

## SCIENZA DEI MATERIALI (MOD. B)

(Titolare: Prof. ALESSANDRO MARTUCCI) - Mutuato da:

**Periodo:** III anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 56A; 7,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Le lezioni si svolgeranno nelle aule dell'edificio Ex-Fisica Tecnica in Via Marzolo, 9.

**Aule :** Vedere gli orari dei corsi sul sito web del Corso di Studi

**Prerequisiti :**

Adeguata conoscenza dei contenuti dei corsi di *Struttura dei Solidi e Chimica Inorganica e dello Stato Solido*

**Metodi didattici :**

Corso mutuato dalla Laurea in Ingegneria dei Materiali - *Fondamenti di scienza dei materiali*

**Contenuto dell'attività formativa :**

**PROPRIETA' DEI MATERIALI**

*Proprietà meccaniche*

*Concetti di sforzo e deformazione unitaria. Comportamento elastico: legge di Hooke e interpretazione atomica. Comportamento anelastico. Comportamento plastico. Sforzo teorico per lo scorrimento di piani cristallini. Deformazione plastica di un monocristallo e di un materiale policristallino. Incrudimento e ricristallizzazione. Comportamento viscoso e legge di Newton. Cenno al comportamento non-newtoniano. Comportamento viscoelastico. Caratteristiche della frattura fragile. Sforzo teorico di decoesione: previsione teorica. Criterio della concentrazione dello sforzo. Criterio energetico di Griffith. Concetto di  $K_{Ic}$ . Tenacità e modulo di resilienza. Durezza e microdurezza. Cenni alla statistica di Weibull. Creep: cenni sulle generalità del fenomeno.*

*Proprietà termiche*

*Capacità termica e dilatazione termica: definizioni e interpretazioni atomiche. Conducibilità termica: definizione e cenni all'interpretazione. Tensioni termiche in condizioni di vincolo mono-, bi- e tri-assiale. Shock termico: fenomeno, prove, fattori di merito.*

*Proprietà chimiche*

*Cenni sulla corrosione ed il degrado dei materiali metallici, ceramici e polimerici.*

**CENNI ALLA CLASSI DI MATERIALI ED AI PROCESSI DI PRODUZIONE**

*Metalli*

*Diagramma ferro-carbonio. Trattamenti termici (curve TTT e CCT, ecc.). Ghise. Acciai (tipi principali). Cenni alle tecnologie di produzione (colata, lavorazioni per deformazione plastica).*

*Ceramici*

*Processi di produzione: finalità e modalità di esecuzione delle fasi principali. Ceramiche tradizionali principali. Principali tipi di refrattari. Cenni sui ceramici avanzati.*

*Vetri*

*Processi di produzione: finalità e modalità di esecuzione delle fasi principali, con riferimento al vetro piano ed al vetro cavo. Cenni sul processo di tempra termica e chimica.*

*Polimeri e compositi*

*Poliaddizione e policondensazione. Tecnologie di produzione. Proprietà meccaniche. Materiali compositi a matrice polimerica. Cenni sui criteri di selezione*

*Esercitazioni*

**Struttura della verifica di profitto :**

*Scritta*

**Descrizione verifica profitto :**

*Sono previste prove di accertamento in itinere.*

**Testi di riferimento :**

*W.D. Callister Scienza e ingegneria dei materiali EdiSES W.F. Smith Scienza e tecnologia dei materiali Mc Graw-Hill*

**Ausili didattici :**

*Saranno fornite agli studenti dispense delle lezioni.*

*Copia dei lucidi utilizzati a lezione saranno disponibili sul sito: [www.dim.unipd.it/martucci](http://www.dim.unipd.it/martucci)*

---

## **CHIMICA ANALITICA DEI MATERIALI**

*(Titolare: Dott. DENIS BADOCCO)*

**Periodo:**

*III anno, 2 semestre*

**Indirizzo formativo:**

*Corsi comuni*

**Commissione di profitto:****Tipologie didattiche:** 24A+16L; 4,00 CFU**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Scienze Chimiche**Aule :** Vedere gli orari dei corsi sul sito web del Corso di Studi**Prerequisiti :**

La frequenza dei corsi di Chimica Generale e Inorganica. I corsi di Fisica Quantistica, Chimica Fisica 1 e 2.

**Obiettivi formativi :**

Il corso si propone di far acquisire agli studenti una preliminare conoscenza di alcune tecniche e metodologie analitiche strumentali applicabili principalmente allo studio delle proprietà dei solidi. Particolare attenzione verrà rivolta alle tecniche spettroscopiche di analisi, alla spettrometria di massa e ai metodi termici di analisi. Per ciascun metodo verranno esposti, in forma accessibile a studenti del primo anno, i fondamenti chimico-fisici; verrà quindi descritta a grandi linee la strumentazione e verranno discussi gli aspetti riguardanti la qualità (accuratezza e precisione) dei risultati quantitativi ottenibili.

**Contenuto dell'attività formativa :****Segnale e rumore strumentale**

Il concetto di segnale strumentale e breve discussione su alcuni tipi di segnali caratteristici. Segnali deterministici e non deterministici. Componenti casuali del segnale, concetto di rumore e sua quantificazione. Teorema di Fourier e spettro di potenza del rumore: rumore bianco, rumore a colpi, rumore rosa ed ambientale. Banda passante e risposta dinamica dello strumento.

**Tecniche spettroscopiche di analisi**

Breve introduzione alle tecniche spettroscopiche. Radiazione elettromagnetica e tipi di spettroscopie ad essa associate. Transizioni elettroniche tra stati atomici e molecolari; principali spettroscopie nella regione dell'UV-Vis: assorbimento, emissione e fluorescenza. Spettrofotometria di assorbimento atomico. Schema strumentazione, principi fondamentali, larghezza e intensità delle righe spettrali, legge di Lambert-Beer. Lampade a catodo cavo e a radiofrequenza. Sistemi di atomizzazione in fiamma e in fornetto di grafite, processi chimici coinvolti. Monocromatore e fotomoltiplicatore. Dettagli operativi. Prestazioni e applicazioni. Cenno alla correzione del fondo mediante lampada al deuterio.

Spettrofotometria di emissione al plasma (ICP-AES), principi fondamentali, schema strumento. Produzione e caratteristiche del plasma. Sistemi di nebulizzazione del campione, sistemi di monocromatizzazione e acquisizione del segnale (sequenziale e multicanale), utilizzo di serie di fotodiodi. Forma del segnale di emissione. Applicazioni e confronti con AAS. Cenno a ICP-MS.

Spettrofotometria di assorbimento UV-Vis: aspetti caratteristici di uno spettro UV, tipi di assorbimento (diffuso, scattering,  $n \rightarrow \pi^*$ ,  $\pi \rightarrow \pi^*$ ,  $n \rightarrow n^*$ ,  $n \rightarrow \pi^*$ ), effetti della coniugazione, accenni sugli effetti dei sostituenti. Schema strumenti: singolo raggio, doppio raggio e diode array. Sorgenti: lampada a tungsteno e a deuterio. Celle portacampione. Errore strumentale intrinseco, grafico di  $\log A/c$  vs. assorbimento. Deviazioni dalla legge di Lambert-Beer. Applicazioni: definizione di punto isosbastico, esempio della determinazione di ferro(II) con fenantrolina; limite di rivelabilità tipico.

Spettrofotometria di fluorescenza UV-Vis: grafico dei livelli energetici, conversione interna, singoletto e tripletto, rilassamenti non ottici, conversione intersistema, fluorescenza e fosforescenza. Esempi di spettri di fluorescenza, requisiti strutturali chimici per la fluorescenza, dipendenza del fenomeno da temperatura, ossigeno e altri composti paramagnetici, "atomi pesanti". Schema strumentale, sorgenti ad arco a xeno. Confronto generale con spettrofotometria di assorbimento UV. Cenni sulle applicazioni quantitative; limite di rivelabilità tipico. Fosforescenza: cenni (differenze con fluorescenza)

Spettrofotometria IR. Principi fondamentali: stati e transizioni vibrazionali in molecole semplici e complesse. Schema strumentazione, sorgenti IR, monocromatori, celle portacampione, trasduttore segnale IR. Analisi qualitativa e quantitativa.

Materiale Opzionale: Teorema di Fourier e trasformata di Fourier. Principio di funzionamento della strumentazione FT-IR. Schema dell'interferometro di Michelson e strumentazione FT-IR. Forma del segnale FT-IR (nel dominio del tempo e della frequenza) e modalità di acquisizione (campionamento). Prestazioni strumentali e confronto con strumentazione IR convenzionale.

**Spettroscopie RX**

Introduzione alle spettroscopie RX, effetto dei RX sulla materia, stati elettronici coinvolti. Sorgenti RX: emissione continua ed a righe, fluorescenza X, sorgenti radioattive. Assorbimento RX, probabilità e spettri di assorbimento, legge di Beer e misure quantitative. Florescenza X, meccanismo e spettri risultanti. Schema di strumentazione utilizzata nelle spettroscopie RX. Sorgenti, portacampioni e rivelatori. Strumenti a dispersione di lunghezza d'onda e a dispersione di energia. Applicazioni, analisi qualitativa e quantitativa. Cenno alla microsonda elettronica.

Microscopia elettronica a scansione. Principi strumentali, schema strumento ed applicazioni.

**Spettrometria di Massa.**

Aspetti generali e principi della spettrometria di massa. Schema generale della strumentazione. Metodi di introduzione del campione e di ionizzazione (EI e CI). Cenno alla stabilità dello ione molecolare e modalità di frammentazione. Analizzatori di massa: focalizzazione elettromagnetica, doppia focalizzazione, quadrupolo, e tempo di volo (cenno a trappola ionica). Tipi di rivelatore. Confronto delle prestazioni strumentali. Applicazioni analitiche.

**Analisi Termica**

Introduzione ai metodi termici di analisi. Termogravimetria (TG): principi, caratteristiche della termobilancia ed esempi di termogrammi; applicazioni. Analisi termica differenziale (DTA): principi, strumentazione, termogrammi ed applicazioni. Calorimetria differenziale a scansione (DSC): principi, caratteristiche della strumentazione, esempi di termogrammi ed applicazioni.

**Struttura della verifica di profitto :**

Orale

**Testi di riferimento :**

D.A. Skoog, J.J. Leary "Chimica Analitica Strumentale", Ed. EdiSES, 1995.

Rubinson &amp; Rubinson "Chimica Analitica Strumentale", Ed. Zanichelli, 2002.

**Ausili didattici :**

Nel corso delle lezioni verrà distribuito del materiale didattico preparato dal docente o estarpolato da altri testi (schemi, diagrammi, etc.). Per alcuni argomenti, trattati a lezione con modalità differenti rispetto a testo di riferimento, viene fornito agli studenti il necessario materiale didattico (fotocopie di lucidi proiettati o da altri testi).

# CHIMICA FISICA 1

(Titolare: Prof.ssa ALBERTA FERRARINI)

**Periodo:** Il anno, 1 trimestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:** Prof.ssa FERRARINI ALBERTA (PaC) - Presidente  
Prof.ssa FERRANTE CAMILLA (PaC) - Membro

**Tipologie didattiche:** 52A+42E; 10,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento:** Dipartimento di Scienze Chimiche  
**Aule:** Vedere gli orari dei corsi sul sito web del Corso di Studi

## Prerequisiti:

Matematica I e II, Fisica I e II, Chimica Generale e Inorganica.

## Obiettivi formativi:

Il corso propone una trattazione dei principi della termodinamica e delle loro applicazioni nello studio delle proprietà macroscopiche di sistemi ad un componente o in miscela, con particolare riferimento alle fasi condensate.

## Metodi didattici:

Corso tenuto dalla prof. CAMILLA FERRANTE e dalla prof. ALBERTA FERRARINI.

## Contenuto dell'attività formativa:

- 1) Principi della Termodinamica
- 2) Funzioni di Stato ed equazioni di stato
- 3) Proprietà termodinamiche delle sostanze pure
- 4) Equilibri di fase delle sostanze pure
- 5) Proprietà termodinamiche dei sistemi a più componenti
- 6) Equilibrio di reazione
- 7) Termodinamica delle celle galvaniche
- 8) Descrizione macroscopica della cinetica chimica
- 9) Meccanismi di reazione ed ipotesi dello stato stazionario

## Struttura della verifica di profitto:

Scritta, Orale

## Descrizione verifica profitto:

L'esame si compone di una prova scritta, che consiste nella soluzioni di alcuni esercizi di termodinamica, e di una prova orale.

## Testi di riferimento:

Qualsiasi testo di termodinamica, per esempio:

P.W. Atkins, J. de Paula, *Physical Chemistry*, VII ed. (Oxford University Press, Oxford, 2002)

D.A. McQuarrie, J.D. Simon, *Chimica Fisica* (Zanichelli, Bologna, 2000)

## Ausili didattici:

Materiale didattico sarà disponibile nel sito web delle docenti.

# CHIMICA FISICA 2

(Titolare: Prof. MORENO MENEGHETTI)

**Periodo:** III anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:** Prof. MENEGHETTI MORENO (PO) - Presidente  
Prof. TOFFOLETTI ANTONIO (PaC) - Membro

**Tipologie didattiche:** 64A+12E; 9,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento:** Dipartimento di Scienze Chimiche  
**Aule:** Vedere gli orari dei corsi sul sito web del Corso di Studi

## Contenuto dell'attività formativa:

Richiamo delle basi della Meccanica Quantistica.

Sistemi atomici a molti elettroni. Approcci di campo medio per il calcolo delle proprietà atomiche. Tabella periodica degli elementi.

Accoppiamento spin-orbita e regole di selezione.

Introduzione alla quantomeccanica delle molecole

Approssimazione di Born-Oppenheimer

Teoria Valence Bond per molecole diatomiche omonucleari ed eteronucleari

Teoria Valence Bond per molecole poliatomiche

Orbitali ibridi

Teoria dell'orbitale molecolare

Principio Variazionale

Gli orbitali di legame e di antilegame della molecola di idrogeno con un elettrone

La molecola di idrogeno

Teoria dell'orbitale molecolare per le molecole diatomiche omonucleari ed eteronucleari

Teoria dell'orbitale molecolare per molecole poliatomiche

L'approssimazione di Huckel e le molecole di butadiene e benzene.



*Calcoli quantomeccanici molecolari di campo medio*

*Approccio di Hartee-Fock*

*Calcoli semiempirici e ab-initio.*

*Interazione di configurazione come calcoli post HF.*

*Teoria del funzionale densità*

*Teoria time dependent per il calcolo delle proprietà spettroscopiche*

*Proprietà spettroscopiche e termodinamiche delle molecole.*

*Simmetria molecolare.*

*Elementi di simmetria di un oggetto.*

*Operazioni di simmetria puntuale.*

*I gruppi di simmetria puntuali e la classificazione della simmetria delle molecole.*

*Polarità e chiralità delle molecole dal punto di vista della simmetria.*

*Rappresentazione matriciale delle operazioni di simmetria.*

*Rappresentazioni riducibili e irriducibili dei gruppi di simmetria.*

*Caratteri e tabelle dei caratteri*

*Riduzioni di rappresentazioni riducibili*

*Costruzione di combinazioni lineari di funzioni con definita simmetria.*

*Valutazione della simmetria di prodotti di funzioni.*

*Integrali che si annullano.*

*Classificazione per simmetria dei moti vibrazionali*

*Spettroscopie*

*Teoria della perturbazione indipendente dal tempo e dipendente dal tempo.*

*Interazione con la radiazione elettromagnetica e momenti di dipolo di transizione.*

*Introduzione alle tecniche sperimentali di assorbimento, emissione e scattering.*

*Tecniche in trasformata di Fourier.*

*Intensità degli assorbimenti e loro relazione con il momento di dipolo di transizione.*

*Legge di Lambert Beer.*

*Coefficienti di Einstein.*

*Regole di selezione per le transizioni.*

*Larghezza delle righe di assorbimento.*

*Spettri rotazionali*

*Livelli energetici rotazionali.*

*Regole di selezione per gli spettri rotazionali.*

*Spettri rotazionali Raman*

*Statistica nucleare e gli spettri rotazionali.*

*Vibrazioni delle molecole diatomiche.*

*Regole di selezione per gli spettri di assorbimento e anarmonicità.*

*Spettri vibro rotazionali*

*Regole di selezione per gli spettri Raman.*

*Modi normali di vibrazione di molecole poliatomiche.*

*Spettri vibrazionali di assorbimento e Raman di molecole poliatomiche.*

*Spettroscopia elettronica*

*Stati elettronici di molecole biatomiche e regole di selezione*

*Struttura vibrazionale e fattori di Frank Condon*

*Struttura rotazionale*

*Spettri elettronici di molecole poliatomiche*

*Transizioni non permesse e attivazione vibronica*

*Dicroismo circolare*

*Fluorescenza*

*Fosforescenza*

*Principi di azione dei lasers*

*Q-switching e mode locking dei laser impulsati*

*Applicazioni delle spettroscopie lasers.*

*Spettroscopie magnetiche*

*L'effetto dei campi magnetici sugli spin elettronici*

*Energie degli spin nucleari in campo magnetico*

*Spettrometri NMR*

*Il chemical shift*

*Origine delle costanti di shielding*

*La struttura fine dello spettro NMR*

*Costanti di accoppiamento scalare*

*Origine dell'accoppiamento spin-spin*

*Tecniche impulsate in NMR*

*Rilassamenti degli spin nucleari*

*Accenni alle tecniche NMR bidimensionali*

*Electron Paramagnetic Resonance*

*Struttura iperfine dello spettro EPR e sua origine*

*Introduzione alla statistica termodinamica*

*La distribuzione degli stati molecolari*

*La distribuzione di Boltzman*

La funzione di partizione molecolare  
Energia interna ed entropia molecolari  
La funzione di partizione canonica  
Energia interna ed entropia di un insieme canonico  
Altre funzioni termodinamiche: entalpia ed energia libera di Gibbs e di Helmholtz  
Contributi traslazionali, rotazionali, vibrazionali ed elettronici alla funzione di partizione molecolare  
Applicazioni della termodinamica statistica: equazioni di stato e costanti di equilibrio.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta, Orale

**Testi di riferimento :**

Physical Chemistry 8th edition, P. Atkins and J. De Paula

## CHIMICA INORGANICA E DELLO STATO SOLIDO

(Titolare: Prof. GAETANO GRANOZZI) - Mutuato da: Laurea magistrale in Chimica Industriale

**Periodo:** Il anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:** Prof. RIZZI GIAN-ANDREA (PaC) - Presidente  
Prof. GRANOZZI GAETANO (PO) - Membro

**Tipologie didattiche:** 64A+12E; 9,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Scienze Chimiche  
**Aule :** Vedere gli orari dei corsi sul sito web del Corso di Studi

**Prerequisiti :**

Struttura dei solidi e Chimica Fisica I

**Obiettivi formativi :**

Acquisire le fondamentali conoscenze di chimica inorganica e di cristallografia che permettano di correlare le proprietà di un solido con grandezze trasferibili.  
Introdurre i fondamenti di termodinamica delle interfacce e cinetica dei solidi che permettano di studiare l'energetica dei solidi e delle loro trasformazioni.

**Metodi didattici :**

La parte A del corso è tenuta dalla dr.ssa SILVIA GROSS, mentre la parte B del corso è mutuata dal corso di Chimica Inorganica dei Materiali, Laurea Magistrale in Chimica Industriale.

**Contenuto dell'attività formativa :**

Parte A (Chimica Inorganica) :

- Brevi richiami di struttura elettronica di un atomo (numeri quantici), tavola periodica e proprietà periodiche (raggi ionici ed atomici, contrazione lantanidica, potenziale di prima ionizzazione, affinità elettronica, elettronegatività)
- Composti di coordinazione: definizione, nomenclatura, tipologie di leganti (monodentati, bidentati ecc.), costante di stabilità, numeri di coordinazione e relativi esempi, vie di sintesi generali, utilizzi. Esempi e strutture. Isomeria (geometrica, strutturale, di legame, ottica con svariati esempi).
- Teoria del campo cristallino (campo ottaedrico, tetraedrico, quadrato planare). Composti ad alto e basso spin. Effetto Jahn-Teller, Cenni sulla teoria del campo dei leganti.
- Composti metallorganici. Definizione, legame M-C, caratteristiche generali, reattività, regola dei 18 elettroni. Cenni di nomenclatura. Vie di sintesi generali (metallazione, transmetallazione, metatesi ecc.) e reazioni principali.
- Chimica organometallica e comportamento chimico dei gruppi principali e dei metalli di transizione.
- Metallo carbonili: natura legame M-CO, modalità di coordinazione, caratteristiche generali e proprietà chimico-fisiche. Tipologie strutturali. Metallo carbonili dei metalli di transizione, cluster, esempi ed applicazioni sintetiche.
- Idrogeno: proprietà chimico-fisiche, isotopi, produzione, vie di sintesi, utilizzi
- Composti binari dell'idrogeno: periodicità nel comportamento chimico
- Idruri dei gruppi principali, idruri dei metalli di transizione
- Ossigeno: proprietà chimico-fisiche, isotopi, ozono, vie di sintesi generali, utilizzi
- Composti binari dell'ossigeno: acqua, acqua ossigenata, composti binari dei gruppi principali. Ossidi dei gruppi 1, 2 e 13. Composti ossigenati del carbonio (CO e CO<sub>2</sub>) e dello zolfo (SO<sub>2</sub> ed SO<sub>3</sub>). Ossidi di azoto (varie specie) e del fosforo, fosfati. Silice e silicati.
- Ossidi metallici: caratteristiche generali ed andamento periodico delle proprietà chimiche. Ossidi acidi, basici ed anfoterici. Tipologie di strutture ricorrenti. Polimorfi della titania, della vanadia, ossidi di ferro, di Co, Mn, e degli altri principali metalli di transizione).
- Concatenazioni con ponti ad ossigeno (poliossovanadati e cenni sui poliossometallati). Ossidi non stechiometrici. Cenni sulle proprietà funzionali degli ossidi dei metalli di transizione e loro impiego.
- Zolfo: proprietà chimico-fisiche, allotropi, produzione, utilizzi. Catene a zolfo, solfuri e disolfuri.
- Confronto tra la chimica dell'ossigeno e la chimica dello zolfo.
- Composti binari dello zolfo con elementi dei gruppi principali.
- Solfuri dei metalli di transizione. Cenni sulle proprietà funzionali degli solfuri dei metalli di transizione e loro impiego. Tipologie strutturali.
- Alogeni: proprietà chimico-fisiche, produzione, utilizzi. Composti binari degli alogeni con elementi dei gruppi principali e dei metalli. Vie di sintesi generali, utilizzi.
- Carburi: tipologie e proprietà chimico-fisiche, vie di sintesi generali, applicazioni
- Nitruri: tipologie e proprietà chimico-fisiche, vie di sintesi generali, applicazioni
- Elementi di transizione (blocco d e blocco f): caratteristiche generali, proprietà chimico-fisico e comportamento chimico.

Parte B (Chimica dello stato solido) :

- Introduzione sugli scopi della scienza dei materiali

- Descrizione dei solidi ideali.

La struttura dei cristalli. Il reticolo di traslazione. La cella elementare. Elementi di simmetria. I reticoli di Bravais. I gruppi puntuali. I gruppi spaziali. Piani e direzioni nei cristalli. Indici di Miller. Reticolo reciproco. Relazioni tra reticolo reciproco e reticolo diretto. Cenni ai metodi diffrattometrici per la risoluzione strutturale. Equazione di Bragg. Visione di Laue. Sfera di Ewald. Metodi di studio delle polveri cristalline. Solidi amorfi.

- Cristallografia descrittiva

Sviluppo delle relazioni tra la struttura elettronica degli elementi, caratteristiche dei legami e struttura cristallina. Strutture riconducibili ad aggregati compatti di sfere. Visione dei poliedri interconnessi. Classificazione dei solidi sulla base del tipo di legame chimico.

Edifici ionici: energia reticolare, raggi ionici e rapporto interradiante, relazioni con il raggio ionico (suoi limiti). Ciclo di Born-Haber.

Polarizzabilità degli ioni e regole di Fajans. Relazioni qualitative tra le proprietà meccaniche e la struttura. Edifici metallici: metalli e leghe. Elettroni liberi nei metalli. Legame nei solidi. Conduttori, semiconduttori e isolanti. Drogaggio. Applicazioni: diodi e giunzioni p-n, celle fotovoltaiche, LED.

- Descrizione dei solidi reali

Difetti puntuali. Difetti di Schottky e Frenkel. Centri di colore. Difetti estesi lineari e planari. Dislocazioni. Stacking-faults. Solidi non stechiometrici. Conduzione ionica. Celle a combustibile. Importanza delle superfici. Breve cronologia della Surface Science. Film sottili e loro importanza. Cenni sulla struttura delle superfici ideali. Ricostruzioni e rilassamenti. Difettualità di superficie e siti di chemisorbimento.

- Trasformazioni e reattività nei solidi

Cenni di termodinamica delle interfacce. Energia superficiale. Colloidi. Interfacce piane e sferiche. Equazione di Thomson Gibbs.

Bagnabilità. Classificazione delle trasformazioni allo stato solido. Trasporto di massa nei processi allo stato solido. Definizione di forza termodinamica. Leggi di Fick. Esempi di applicazione della II legge di Fick. Diffusione intracristallina e di superficie.

Transizioni di fase.

Nucleazione omogenea. Nucleazione eterogenea. Cinetica di crescita. Diagrammi TTT. Sinterizzazione. Preparazione di solidi amorfi.

- Reazioni allo stato solido.

Controllo topochimico. Classificazione delle reazioni a seconda dell'interfaccia. Reazioni di decomposizione.

Equazione di Avrami-Erofeev. Reazioni all'interfaccia solido-solido: meccanismo di Wagner. Formazione dello spinello. Caso di più prodotti. Reazioni redox.

- Metodi di preparazione di cristalli da fuso (Czochralski, Bridgman, zone melting). Metodi di preparazione di

materiali policristallini e polveri. Metodo ceramico. Metodi di preparazione da fase vapore. Metodi di preparazione da fase liquida.

Metodo sol-gel. Precipitazione. Metodi di preparazione di film sottili: metodi fisici e chimici. CVD, VPE, MBE, MO-CVD, sputtering.

Epitassia. Composti di intercalazione e lamellari: grafite, calcogenuri, silicati lamellari ed argille.

### **Struttura della verifica di profitto :**

Scritta, Orale

### **Descrizione verifica profitto :**

Interrogazione orale su argomenti del corso

### **Testi di riferimento :**

“Inorganic Chemistry”, Housecroft and Sharpe, Pearson Prentice Hall, 2008, 3rd edition.

“Inorganic Chemistry”, Shriver and Atkins, Oxford University Press, 1999, 3rd edition.

“Solid State Chemistry. An Introduction”, L. Smart, E. Moore, Chapman & Hall, 1995, second edition.

### **Ausili didattici :**

Dispensa: G. Granozzi, Chimica dello Stato Solido e delle Superfici, CLEUP, 1999.

## **CHIMICA ORGANICA 2**

(Titolare: Prof. FABRIZIO MANCIN)

**Periodo:** Il anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:** Prof. MANCIN FABRIZIO (Pa) - Presidente

Prof. MENNA ENZO (Pa) - Membro

**Tipologie didattiche:** 40A+16L; 6,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Scienze Chimiche

**Aule :** Vedere gli orari dei corsi sul sito web del Corso di Studi

### **Prerequisiti :**

E' indispensabile la conoscenza delle nozioni di base della chimica organica.

### **Obiettivi formativi :**

Come logica prosecuzione del percorso iniziato con Chimica Organica I, questo corso si propone di completare la preparazione di base dello studente circa le caratteristiche e le proprietà dei composti organici monofunzionali. Le conoscenze vengono acquisite attraverso lo studio delle principali classi di reazioni cui possono sottostare i vari composti organici. Saranno anche fornite nozioni di base su molecole organiche polifunzionali (amminoacidi e carboidrati) per consentire allo studente di affrontare con una miglior preparazione lo studio della Chimica Biologica.

### **Contenuto dell'attività formativa :**

Il programma completerà nozioni di base di chimica organica e comprenderà, in linea di massima, i seguenti argomenti:

Analisi conformazionale

Reazioni di Eliminazione

Reazioni di addizione elettrofila agli alcheni

Reazioni SEAr e SNAr

Reazioni radicaliche

Reazioni selettive, di protezione-deprotezione e pericicliche

Generalità sugli chimica degli eterocicli  
Generalità di biomolecole

**Struttura della verifica di profitto :**

Da definire

**Testi di riferimento :**

Da definire col docente

---

## ELETTROCHIMICA

(Titolare: Prof. ARMANDO GENNARO) - Mutuato da:

**Periodo:** III anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:**

**Tipologie didattiche:** 78A; 9,00 CFU

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

---

## FISICA DELLO STATO SOLIDO

(Titolare: Prof. GIOVANNI MATTEI)

**Periodo:** III anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:** Prof. MATTEI GIOVANNI (PO) - Presidente

**Tipologie didattiche:** 56A+12E; 8,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Fisica Tecnica

**Aule :** Rh02, Rh03 (Vedere gli orari dei corsi sul sito web del Corso di Studi)

**Prerequisiti :**

Fisica quantistica, Struttura dei Solidi

**Obiettivi formativi :**

Il corso si pone l'obiettivo di applicare i metodi della meccanica quantistica alla descrizione delle principali proprietà elettriche, termiche ed ottiche dei materiali solidi, ponendo le basi per lo studio di specifiche classi di materiali impiegati in dispositivi ad alta tecnologia.

**Contenuto dell'attività formativa :**

Il sistema quantistico di nuclei ed elettroni: l'approssimazione adiabatica.

Richiami sulle principali forme di legame chimico nei solidi: i solidi molecolari; le forze di Van der Waals; forze repulsive a corto raggio e loro origine; i cristalli ionici; il legame covalente; il legame metallico.

Richiami di cristallografia: il reticolo diretto e il reticolo reciproco.

Elementi di dinamica reticolare: la teoria classica del cristallo armonico; il calore specifico ad alte temperature: la legge di Dulong-Petit; i modi normali di una catena lineare monoatomica e biatomica; teoria quantistica elementare del cristallo armonico: i fononi; la distribuzione di fononi all'equilibrio termico; il modello di Debye per il calore specifico dei solidi monoatomici.

La conducibilità termica negli isolanti.

Il gas di elettroni: La sfera di Fermi; energia totale e pressione di un gas di elettroni a  $T=0$ ; la capacità termica di un gas di elettroni.

La conducibilità elettrica dei metalli nel modello di Drude; la conducibilità termica dei metalli; la legge di Wiedemann-Franz; l'effetto Hall nei metalli: inadeguatezza del modello di Drude; l'interazione elettrone-elettrone: effetti di schermo e principio di Pauli; la funzione dielettrica del gas di elettroni (cenni).

Stati elettronici in un potenziale periodico: il teorema di Bloch; l'approssimazione di elettrone quasi-libero; il modello a elettroni fortemente legati; numero di stati elettronici possibili in una banda: metalli, semimetalli/semiconduttori ed isolanti; la massa efficace; le "buche" e loro proprietà.

Concentrazione di elettroni e buche nei semiconduttori intrinseci; livelli di impurezza. Proprietà di trasporto nei solidi: equazione di Boltzmann; la conducibilità elettrica nei metalli; fenomeni termoelettrici; trasporto di carica nei semiconduttori; diffusione; relazione di Einstein.

Introduzione alla Superconduttività: fenomenologia; effetto Meissner;

superconduttori di tipo I e II; equazione di London; coppie di Cooper e loro stabilità; la teoria BCS (cenni); quantizzazione del flusso di campo magnetico; effetto Josephson.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

**Testi di riferimento :**

C. Kittel, *Introduzione alla Fisica dello Stato Solido*, CEA Edizioni, 2008

---

## FISICA GENERALE 1

(Titolare: Dott. MATTEO AMBROGIO PAOLO PIERNO)

**Periodo:** I anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:** Dott. PIERNO MATTEO AMBROGIO PAOLO (RuC) - Membro

**Tipologie didattiche:** 56A+24E+24L; 11,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Scienze Chimiche  
**Aule :** Vedere gli orari dei corsi sul sito web del Corso di Studi

**Prerequisiti :**

Una buona conoscenza degli elementi di base del calcolo integrale e differenziale e del calcolo vettoriale.

**Obiettivi formativi :**

Il corso si propone di introdurre gli elementi essenziali della metodologia delle scienze fisiche, a partire dallo studio della meccanica classica

**Metodi didattici :**

Lezioni frontali, esercizi in aula, tutorato e attività di laboratorio

**Contenuto dell'attività formativa :**

Il corso si articolerà coprendo i seguenti argomenti di meccanica classica

Introduzione: Grandezze e unità di misura, il formalismo vettoriale, grandezze scalari e vettoriali

Cinematica del punto: Legge oraria e traiettoria, velocità e accelerazione, moto rettilineo uniforme e uniformemente accelerato, moto circolare, moto armonico semplice

Dinamica del punto: le leggi di Newton, quantità di moto, statica, attriti

Energia e lavoro: il teorema dell'energia cinetica, le forze conservative, l'energia potenziale, conservazione dell'energia

Momento angolare e conservazione del momento angolare

Sistemi di riferimento: trasformazioni di Galileo e sistemi di riferimento non inerziali

Forze centrali e forze gravitazionali

Dinamica dei sistemi a molte particelle: il centro di massa e le equazioni cardinali del moto

Corpi rigidi: definizioni e teoremi, il momento d'inerzia

Urti di punti materiali e di corpi rigidi: leggi di conservazione e loro applicazioni

La teoria cinetica dei gas ideali

Elementi di meccanica dei fluidi

Moti oscillatori armonici, smorzati e forzati, i fenomeni di risonanza

Meccanica dei fenomeni ondulatori: l'equazione delle onde, onde elastiche longitudinali e onde trasversali

Nella parte finale del corso gli studenti svolgeranno una attività di 12 ore di laboratorio che verterà sui principi di base della misura delle quantità fisiche e sulla elaborazione dei dati e analisi degli errori ad essa connessi.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta, Orale

**Descrizione verifica profitto :**

Prova scritta che consiste nella soluzione di di tipici problemi di meccanica classica, prova orale che include la discussione dell'attività di laboratorio

**Testi di riferimento :**

P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci, "Elementi di Fisica, Meccanica – Termodinamica", EdiSes, Napoli

---

## FISICA GENERALE 2

(Titolare: Prof. FLAVIO TOIGO)

**Periodo:** Il anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:** Prof. TOIGO FLAVIO (PO) - Presidente  
Prof. ANCILOTTO FRANCESCO (PaC) - Membro

**Tipologie didattiche:** 72A+36E; 12,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Scienze Chimiche  
**Aule :** Vedere gli orari dei corsi sul sito web del Corso di Studi

**Prerequisiti :**

Una buona conoscenza del calcolo differenziale ed integrale.

**Obiettivi formativi :**

Corso di elettromagnetismo nel vuoto e nella materia. A partire dalla descrizione e classificazione delle interazioni fondamentali si introduce l'interazione elettrica e i concetti di campo elettrico e magnetico, ricavando e discutendo le leggi fisiche che li regolano. A partire dalle equazioni di Maxwell nel vuoto, si studieranno le onde elettromagnetiche e le loro proprietà. In particolare il corso sarà focalizzato allo studio dei fenomeni che dipendono dalla struttura elementare della materia che si possono spiegare introducendo dei modelli classici. I contenuti di questo corso sono indispensabili per il successivo corso di Laboratorio di Fisica.

**Contenuto dell'attività formativa :**

Elettrostatica, carica elettrica e principio di conservazione, forza di Coulomb, il campo elettrico ed il suo potenziale. Distribuzioni di carica e teorema di Gauss, conduttori in equilibrio. La carica elementare e l'esperimento di Millikan. Forza elettromotrice, corrente elettrica e legge di Ohm. Effetto Joule. Modello di Drude. Dipoli elettrici, condensatori. Energia e pressione del campo elettrico. Campi solenoidali. Materiali dielettrici. Meccanismi atomici e molecolari della polarizzazione dei dielettrici. Dielettrici isotropi e anisotropi. Fenomeni magnetici statici, dipoli magnetici e correnti elettriche. Forza di Lorentz, forza magnetica su una corrente. Flusso del campo magnetico e sue variazioni. Leggi di Ampere e di Biot-Savart, forze tra correnti. Campo generato da una carica in movimento, spire e solenoidi. Legge di Ampere e applicazioni. Proprietà magnetiche della materia. Sostanze dia-, para- e ferro-magnetiche. Legge di Lenz e mutua induzione. Circuiti a corrente variabile. Energia del campo magnetico. Circuiti elettrici in corrente alternata. Equazioni di Ampere-Maxwell e equazioni di Maxwell. Onde elettromagnetiche nel vuoto. Polarizzazione. Onde E.M. come soluzioni delle equazioni di Maxwell. Velocità di propagazione. Onde E.M. nella materia, indice di rifrazione. Polarizzazione. Trasformata di Fourier e pacchetti d'onda. Spettro delle onde E.M. Generazione di onde E.M.: dipoli oscillanti, cariche accelerate. Polarizzabilità, indice di rifrazione complesso, assorbimento. Riflessione e rifrazione, dispersione. Ottica geometrica e principio di Fermat. Specchi, diottri e strumenti ottici. Ottica ondulatoria: principio di Huygens, coerenza e interferenza. Interferenza da N sorgenti, reticolo di diffrazione. Propagazione in mezzi anisotropi, doppia rifrazione. Legge di Malus. Birifrangenza.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta, Orale

**Descrizione verifica profitto :**

Scritto e orale. L'esame scritto consiste nell'impostazione della risoluzione (anche numerica) di qualche problema; il suo superamento è condizione per l'accesso all'esame orale nel quale lo studente dovrà dimostrare la comprensione e la padronanza dei concetti generali.

**Testi di riferimento :**

P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci, "Elementi di Fisica - Elettromagnetismo" Vol. II, EdiSes, Napoli, 2005

## FISICA QUANTISTICA

(Titolare: Prof. LUIGI FILIPPO DONA' DALLE ROSE)

**Periodo:** Il anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:** Prof. DONA' DALLE ROSE LUIGI FILIPPO (PrCr) - Presidente  
Prof. CARNERA ALBERTO (PO) - Membro  
**Tipologie didattiche:** 64A+24E; 10,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Fisica  
**Aule :** Vedere gli orari dei corsi sul sito web del Corso di Studi

**Prerequisiti :**

Matematica I - II, Fisica I - IV

**Obiettivi formativi :**

IL corso ha lo scopo di introdurre i concetti basilari della meccanica ondulatoria e della meccanica quantistica illustrando le loro più semplici applicazioni allo studio della struttura della materia. Verranno inoltre presentati gli aspetti principali delle statistiche quantistiche.

**Contenuto dell'attività formativa :**

La crisi della Fisica Classica: Il corpo nero e l'effetto fotoelettrico  
L'effetto Compton  
La natura degli atomi: l'esperimento di Rutherford  
Effetto Zeeman  
L'atomo di Bohr – L'elettrone di de Broglie  
L'esperimento di Davisson e Germer  
La meccanica ondulatoria e l'equazione di Schrödinger  
Elettroni liberi e confinati (buca di potenziale)  
Il principio di indeterminazione di Heisenberg  
L'effetto tunnel  
Lo spin dell'elettrone e l'esperimento di Stern e Gerlach  
Equazione di Schrödinger per l'atomo di idrogeno

Struttura fine dell' atomo di idrogeno  
L' atomo di He  
Il principio di esclusione di Pauli  
Atomi a molti elettroni: la tavola periodica  
Statistiche classiche e quantistiche (Maxwell-Boltzmann, Fermi-Dirac, Bose-Einstein)  
Il problema del calore specifico dei solidi: calore specifico reticolare ed elettronico

**Struttura della verifica di profitto :**

Orale

**Testi di riferimento :**

Testi consigliati: I.D. McGervey, "Quantum mechanics: Concepts and Applications", AcademicPress. P.W. Atkins, "Physical Chemistry" Sixth Edition: Oxford University Press. R. Eisberg e R. Resnick, "Quantum Physics of atoms, molecules, solids, nuclei and particles", Wiley.

---

## FONDAMENTI DI FISICA DEI PLASMI

(Titolare: Dott. LIONELLO MARRELLI) - Mutuato da: Laurea in Fisica

**Periodo:** III anno, 2 trimestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:** Prof. BUFFA ANTONIO (PO) - Presidente

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00 CFU

**Obiettivi formativi :**

Corso mutuato dalla Laurea in Fisica: fare riferimento allo specifico bollettino.

**Struttura della verifica di profitto :**

Da definire

---

## FORMAZIONE PER LE SCELTE PROFESSIONALI

(Titolare: Prof. ALESSANDRO BAGNO) - Mutuato da: Laurea in Chimica Industriale

**Periodo:** III anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:** Prof. BAGNO ALESSANDRO (PO) - Presidente

**Tipologie didattiche:** 12A+18E; 3,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Scienze Chimiche  
**Aule :** Vedere gli orari dei corsi sul sito web del Corso di Studi

**Contenuto dell'attività formativa :**

Cicli di seminari con rappresentanti dell'industria e dell'ordine dei chimici. Ricerca bibliografica e utilizzazione di banche dati.

**Struttura della verifica di profitto :**

Da definire

---

## IGIENE INDUSTRIALE

(Titolare: Prof. ANDREA TREVISAN) - Mutuato da: Laurea in Chimica Industriale

**Periodo:** III anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:** Prof. TREVISAN ANDREA (PaC) - Presidente

**Tipologie didattiche:** 40A; 5,00 CFU

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta

---

## LABORATORIO DI FISICA

(Titolare: Dott.ssa TIZIANA CESCO)

**Periodo:** II anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:** Dott.ssa CESCA TIZIANA (RuC) - Presidente  
Prof. MISTURA GIAMPAOLO (PaC) - Membro

**Tipologie didattiche:** 8A+60L; 6,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Fisica  
**Aule :** Vedere gli orari dei corsi sul sito web del Corso di Studi

**Prerequisiti :**  
Indispensabile la frequenza ai paralleli corsi di Fisica Generale 1 e Fisica Generale 2.

**Obiettivi formativi :**  
Scopo di questo corso è l'introduzione al metodo scientifico attraverso la verifica in laboratorio di alcuni fenomeni meccanici ed elettrici. Una parte delle ore di laboratorio è quindi dedicata alla discussione comune su come si misura una grandezza e su come la si interpreta. Altro importante obiettivo è quello di familiarizzare lo studente con la comune strumentazione elettrica che incontrerà in un qualsiasi laboratorio: generatore di funzioni, multimetro digitale, oscilloscopio... Infine, particolare attenzione sarà dedicata alla presentazione dei dati e a come si redige una relazione scientifica. Come completamento logico si applicheranno inoltre gli aspetti più importanti della Teoria della Misura e degli Errori.

**Contenuto dell'attività formativa :**  
Il corso si sviluppa in sessioni di laboratorio di quattro ore ciascuna, comprendenti delle sessioni di recupero per facilitare l'acquisizione dei dati relativi alle varie esperienze e, soprattutto, per permettere l'elaborazione e la stesura delle relazioni. Sono inoltre previste delle lezioni teoriche dove si illustreranno fondamenti e proprietà dell'ottica geometrica. I principi di funzionamento della strumentazione e delle tecniche di misura vengono invece descritti durante i turni di laboratorio.

Le esercitazioni di laboratorio riguardano argomenti tratti dai seguenti:

Studio delle oscillazioni di un pendolo smorzato  
Misura delle caratteristiche e del comportamento di componenti e circuiti elettrici semplici in corrente continua (resistori, diodi, condensatori, induttori, generatori di corrente, amperometri, voltmetri, ohmmetri, oscilloscopi, circuiti a ponte).  
Uso dell'oscilloscopio digitale.  
Carica e scarica di un condensatore.  
Risposta dei filtri RC passa-alto e passa-basso.  
Studio del transiente di un circuito RLC.  
Misura della curva di risonanza di un circuito RLC.  
Esperimenti di ottica geometrica con il banco ottico (produzione di un fascio di luce collimato, misura della distanza focale e delle aberrazioni di una lente convergente).  
Determinazione delle figure di diffrazione e d'interferenza prodotte da fenditure parallele.  
Misura dello spettro di una sorgente luminosa mediante il reticolo di diffrazione.

**Struttura della verifica di profitto :**  
Scritta, Orale  
**Descrizione verifica profitto :**  
Scritta e discussione orale delle relazioni sulle esperienze.

**Testi di riferimento :**  
G. Mistura, "Guida all'uso dei Metodi Statistici nelle Scienze Fisiche" – Dispense, consegnate dal docente all'inizio del corso.  
A. Drigo, E. Schiavuta, G. Torzo, "Esperimentazione Fisica" - Dispense, disponibili presso il Dipartimento di Fisica; contengono sia argomenti teorici, sia la descrizione degli esperimenti.

Come consultazione: R. J. Barlow, "Statistics: a guide to the use of statistical methods in the physical sciences", Wiley, (New York, 1997).

## LABORATORIO DI FISICA DEI MATERIALI 1

(Titolare: Prof. FILIPPO ROMANATO)

**Periodo:** III anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:** Prof. ROMANATO FILIPPO (PaC) - Presidente

**Tipologie didattiche:** 8A+36L; 4,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Fisica - polo didattico  
**Aule :** Vedere gli orari dei corsi sul sito web del Corso di Studi

**Prerequisiti :**  
Approfondita conoscenza dei contenuti dei corsi di Fisica Generale I e II e frequenza del laboratorio di Fisica

**Obiettivi formativi :**  
Acquisizione del metodo scientifico: progettazione degli esperimenti, correlazione di grandezze fisiche misurate al fine di determinare leggi fisiche e/o parametri fisici che caratterizzano il materiale analizzato.

**Metodi didattici :**  
Esercitazioni guidate in laboratorio. Sarà richiesta una discreta autonomia nello sviluppo di metodologie appropriate per l'acquisizione ed analisi dei dati sperimentali. In una prima fase lo studente dovrà approfondire autonomamente la conoscenza dell'apparato tramite misure di prova e pianificare le misure sulla base dei quesiti proposti per ciascun esperimento. In una seconda fase vi sarà una discussione



guidata (collettiva o con ciascun gruppo) della metodologia adottata. Infine si passerà all'effettiva acquisizione dei dati. Parte delle ore in laboratorio sarà dedicata alla stesura delle relazioni sugli esperimenti, che fanno parte integrante della prova d'esame. La frequenza e la stesura di relazioni sugli esperimenti sono obbligatorie.

**Contenuto dell'attività formativa :**

Misure di proprietà elastiche e derivazione della legge di Hooke, caratterizzazione del modulo di Young di diversi materiali metallici. Misura di resistività di metalli, derivazione delle leggi di Ohm e dei suoi limiti di validità. Caratterizzazione di un materiale vetroso tramite determinazione dell'indice di rifrazione. Polarimetria: misura del potere rotatorio ottico di una soluzione zuccherina attiva e del potere rotatorio ottico di un solido trasparente immerso in un campo magnetico (effetto Faraday). Verrà svolto un approfondimento sui test statistici di bontà dei fit e sulla loro applicazione.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta, Orale

**Descrizione verifica profitto :**

Relazioni sugli esperimenti ed esame orale. L'esame orale verterà sulla descrizione degli esperimenti e su di un approfondimento teorico di uno degli aspetti fenomenologici caratterizzati durante il corso.

**Testi di riferimento :**

A. Drigo, G. Torzo, Dispense, disponibili presso il Dipartimento di Fisica; contengono sia argomenti teorici che la descrizione di alcuni esperimenti.

**Ausili didattici :**

Ciascuna esperienza sarà accompagnata da una scheda che contiene i quesiti a cui l'attività di laboratorio e la relazione dovranno rispondere e, ove necessario, una breve descrizione dell'apparato e/o del fenomeno fisico. Dispensa sui test statistici di bontà dei fit.

---

## LABORATORIO DI PREPARAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI 1

(Titolare: Prof. GIAN-ANDREA RIZZI)

**Periodo:** III anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:** Prof. RIZZI GIAN-ANDREA (PaC) - Presidente  
Dott. SIGNORINI RAFFAELLA (RuC) - Membro

**Tipologie didattiche:** 8A+80L; 6,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Scienze Chimiche

**Aule :** Vedere gli orari dei corsi sul sito web del Corso di Studi

**Prerequisiti :**

Corsi dei primi due anni, in particolare Chimica Generale ed Inorganica, Chimica dello Stato Solido.

**Propedeuticità' :**

Corsi dei primi due anni, in particolare Chimica Generale ed Inorganica, Chimica dello Stato Solido.

**Obiettivi formativi :**

Il corso intende fornire agli studenti i concetti fondamentali di alcuni dei metodi di preparazione e caratterizzazione dei materiali sfruttando le conoscenze di base acquisite nei corsi dei primi due anni.

**Metodi didattici :**

Il corso prevede alcune ore d'aula (circa 10) in cui verranno presentate le esperienze di laboratorio e trattati alcuni argomenti necessari per la realizzazione delle esperienze quali la deposizione di film sottili mediante Chemical Vapor Deposition (CVD) e l'analisi di materiali mediante spettroscopia UV-Vis. Durante le esercitazioni di laboratorio gli studenti avranno modo di realizzare autonomamente la preparazione di alcuni materiali e di verificare il risultato del lavoro svolto con alcune tecniche di caratterizzazione.

**Contenuto dell'attività formativa :**

Le esperienze prevedono l'uso di alcune tecniche di preparazione dei materiali in film sottile o in forma massiva:

-Preparazione di un film via sol-gel

-Preparazione di un film via CVD

-Preparazione di un superconduttore ceramico

-Preparazione di un O-Led

-Preparazione di un film sottile di SnO<sub>2</sub>:Sb mediante spray pyrolysis

-Preparazione di una cella fotovoltaica

La caratterizzazione di alcuni campione sarà fatta mediante spettroscopia UV-Vis e IR

**Struttura della verifica di profitto :**

Orale

**Descrizione verifica profitto :**

Esame orale con discussione delle relazioni di laboratorio.

**Ausili didattici :**

Dispense di laboratorio

---

## LINGUA INGLESE

(Titolare: Prof. MORENO MENEGETTI)

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:** Prof. MISTURA GIAMPAOLO (PaC) - Presidente  
Prof. MAMMI STEFANO (PO) - Membro

**Tipologie didattiche:** ; 3,00 CFU

**Obiettivi formativi :**

Accertamento della conoscenza dell'inglese scientifico, con capacità di comprendere testi scientifici scritti e parlati. In particolare, si richiede agli studenti di essere in grado di comprendere testi scientifici scritti o parlati ad un livello almeno pari al livello B1 del Consiglio d'Europa.

**Metodi didattici :**

Esercitazioni con Collaboratori ed Esperti Linguistici. Studio individuale

**Contenuto dell'attività formativa :**

Esercitazioni di comprensione di testi scientifici abbinata ad uno studio degli aspetti più importanti della grammatica inglese, organizzate dalla Facoltà e coadiuvate da Collaboratori ed Esperti Linguistici.

**Struttura della verifica di profitto :**

On-line

**Descrizione verifica profitto :**

All'inizio del periodo didattico in cui l'insegnamento è inserito, tutti gli studenti dovranno sostenere un test via computer. A chi ottiene un piazzamento pari o superiore al livello B1 del Consiglio d'Europa vengono riconosciuti i CFU relativi. Chi ottiene un piazzamento pari od inferiore al livello A1 è tenuto a seguire le esercitazioni. Per chi ottiene un piazzamento intermedio, la frequenza è consigliata ma non obbligatoria.

Per quegli studenti che possiedono dei certificati riconosciuti, come il P.E.T. e i Trinity Examinations (a partire da grade 5) è sufficiente presentare il certificato in originale per ottenere i CFU.

**Ausili didattici :**

I materiali del corso sono raccolti in una dispensa e sono disponibili online.

## MATEMATICA 2

(Titolare: Prof.ssa SILVANA BAZZONI)

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:** Prof.ssa BAZZONI SILVANA (PO) - Presidente  
Prof. CANDILERA MAURIZIO (PaC) - Membro  
Prof. ZANARDO ALBERTO (PaC) - Membro

**Tipologie didattiche:** 48A+24E; 8,00 CFU

**Sede dell'insegnamento :** Vedere gli orari dei corsi sul sito web del Corso di Studi

**Aule :** Vedere gli orari dei corsi sul sito web del Corso di Studi

**Prerequisiti :**

Tutti gli argomenti del corso di Matematica con Elementi di Informatica

**Obiettivi formativi :**

Apprendere le nozioni fondamentali del calcolo differenziale e integrale in più variabili e le loro applicazioni in fisica.

**Contenuto dell'attività formativa :**

Sistemi ortogonali di funzioni. Serie di Fourier. Calcolo di coefficienti di Fourier.

Funzioni di più variabili. Curve di livello. Gradiente e derivata direzionale. Superfici quadriche.

Integrali doppi. Formule di iterazione. Integrali doppi in coordinate polari. Volumi di solidi.

Integrali tripli. Formule di iterazione. Integrali tripli in coordinate cilindriche e sferiche. Applicazioni degli integrali doppi e tripli al calcolo di masse, baricentri, momenti d'inerzia di regioni bidimensionali e tridimensionali.

Funzioni vettoriali di una variabile: curve parametriche, lunghezza di archi di curve. Integrali di linea.

Campi vettoriali: campi gravitazionali, campo elettrico, campi di velocità, linee di campo. Campi conservativi, curve e superfici equipotenziali. Lavoro di un campo lungo un percorso. Indipendenza dal percorso per campi conservativi. Calcolo di potenziali. Forme differenziali chiuse ed esatte. Primitive di forme differenziali.

Superfici parametriche, integrali superficiali, calcolo di aree di superfici. Campo vettoriale unitario perpendicolare a superfici. Superfici orientabili.

Calcolo differenziale vettoriale: flusso di un campo vettoriale attraverso una superficie. Divergenza di un campo e teorema della divergenza. Applicazioni del teorema della divergenza al calcolo di flussi di campi vettoriali.

Teorema della divergenza bidimensionale e teorema di Green nel piano. Applicazioni del teorema di Green al calcolo di aree e integrali di linea di forme differenziali. Rotore di un campo e teorema di Stokes. Applicazioni del teorema di Stokes.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta, Orale

**Testi di riferimento :**

R. Adams, "Calcolo differenziale 2", Ambrosiana Editrice;  
Appunti di lezione.

---

**MATEMATICA CON ELEMENTI DI INFORMATICA**

(Titolare: Prof. ALBERTO ZANARDO) - Mutuato da: Laurea in Chimica Industriale

**Periodo:** I anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:** Prof. ZANARDO ALBERTO (PaC) - Presidente  
Dott. CAIOTTO MAURIZIO (RuC) - Membro

**Tipologie didattiche:** 68A+78E; 15,00 CFU  
**Sede dell'insegnamento :** Dipartimento di Scienze Chimiche  
**Aule :** Vedere gli orari dei corsi sul sito web del Corso di Studi

**Prerequisiti :**

Buona conoscenza della matematica della scuola superiore.

**Obiettivi formativi :**

il corso si propone di fornire le conoscenze matematiche di base per corsi di laurea in discipline scientifiche.

**Metodi didattici :**

Lezioni ed esercitazioni in aula.

La parte di informatica e la seconda parte di matematica verranno tenute da altri docenti non ancora stabiliti.

**Contenuto dell'attività formativa :**

Nozioni di base. Numeri reali. Disequazioni. Elementi di trigonometria. Esponenziali e logaritmi. Sommatorie. Fattoriali. Coefficienti binomiali. Formula del binomio di Newton.

Funzioni reali di una variabile reale. Successioni. Limiti. Funzioni continue. Derivate. Retta tangente al grafico di una funzione. Teoremi fondamentali del calcolo differenziale. Massimi e minimi relativi e assoluti. Funzioni esponenziali e logaritmiche. Studio di una funzione. Integrali definiti e indefiniti. Volumi di solidi di rotazione. Lunghezze di grafici di funzione. Integrali generalizzati.

Serie numeriche. Nozioni generali. Serie geometrica. Serie armonica. Serie telescopiche. Serie a termini non negativi. Criteri di convergenza. Convergenza per serie a termini di segno alterno. Serie di Taylor e di Maclaurin.

Cenni sui numeri complessi. Piano di Gauss. Rappresentazione trigonometrica dei numeri complessi. Formule di Eulero. Cenni sulle funzioni trigonometriche ed esponenziale in campo complesso.

Equazioni differenziali Equazioni differenziali del primo ordine lineari e a variabili separabili. Modelli descritti da equazioni differenziali lineari del primo ordine. Equazioni differenziali del secondo ordine lineari a coefficienti costanti. Applicazioni: moto armonico semplice - moto armonico con viscosità - moto armonico con forza esterna sinusoidale.

Vettori e geometria analitica dello spazio tridimensionale. Vettori nel piano e nello spazio. Prodotto scalare, prodotto vettore, prodotto misto e loro interpretazione geometrica. Equazioni parametriche e cartesiane di rette e piani nello spazio tridimensionale. Angoli e distanze.

Elementi algebra lineare. Spazi vettoriali. Dipendenza lineare. Matrici e trasformazioni lineari. Determinanti. Sistemi lineari. Teorema di Rouché-Capelli. Autovettori e autovalori. Diagonalizzazione.

Funzioni di più variabili. Limiti. Continuità. Derivate parziali. Differenziabilità. Piani tangenti. Curve di livello. Derivata direzionale. Vettore gradiente.

Informatica. Si introdurranno elementi base di informatica, con particolare riferimento alle problematiche connesse alla trasmissione e condivisione dei dati sul web.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta, Orale

**Descrizione verifica profitto :**

scritta, con eventuale approfondimento orale.

**Testi di riferimento :**

verranno comunicati all'inizio del corso.

**Ausili didattici :**

dispense fornite dal docente, compiti svolti degli anni precedenti.

---

**PROVA FINALE**

(Titolare: da definire)

**Periodo:** III anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:**

**Tipologie didattiche:** ; 5,00 CFU

**Contenuto dell'attività formativa :**

La prova finale consisterà nella esposizione scritta e orale di un argomento di ricerca assegnato allo studente dalla specifica commissione del consiglio del corso di laurea. Tale argomento non avrà necessariamente caratteristiche di originalità e verrà affrontato dallo studente sotto la supervisione di un docente, designato dalla stessa commissione. Qualora lo studente svolga questo lavoro nel corso di uno stage presso un gruppo di ricerca di uno dei dipartimenti coinvolti nel corso di laurea o presso un ente di ricerca esterno o una industria, l'argomento della prova finale potrà consistere in un breve rapporto dell'attività svolta.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta, Orale

---

## SICUREZZA NEI LABORATORI

(Titolare: Prof. SAVERIO SANTI) - Mutuato da: Laurea in Chimica Industriale

**Periodo:** I anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:**

**Tipologie didattiche:** 8A; 1,00 CFU

---

## STRUTTURA DEI SOLIDI

(Titolare: Prof. GILBERTO ARTIOLI)

**Periodo:** Il anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Commissione di profitto:** Prof. ARTIOLI GILBERTO (PO) - Presidente

Prof. MOLIN GIANMARIO (PO) - Membro

**Tipologie didattiche:** 24A+12E; 4,00 CFU

**Prerequisiti :**

Nozioni di chimica generale, elementi di trigonometria, calcolo matriciale, proprietà della radiazione elettromagnetica.

**Obiettivi formativi :**

Il corso vuole fornire i concetti indispensabili per una comprensione delle proprietà geometrico-strutturali e chimico-fisiche dello stato cristallino, permettere allo studente di poter affrontare la letteratura di tipo cristallografico-strutturale (incluse le Tabelle Internazionali di Cristallografia), nonché introdurre i fondamenti dell'utilizzo delle tecniche diffrattometriche per polveri nella caratterizzazione di materiali.

**Contenuto dell'attività formativa :**

(1) Cristallo ideale: concetto di ordinamento periodico tridimensionale, descrizione intuitiva, grafica e matematica (funzione delta di Dirac). Concetto di reticolo semplice e multiplo in tre dimensioni, descrizione vettoriale, cella cristallografica, unità asimmetrica, descrizione del cristallo ideale infinito. Introduzione agli operatori ed agli elementi di simmetria cristallografica. Relazione fra i 32 gruppi di simmetria puntuale ed la simmetria delle proprietà fisiche, principio di Neumann. Descrizione della simmetria delle strutture cristalline, i 230 gruppi spaziali, tabelle moltiplicative. Uso delle Tabelle Internazionali di Cristallografia. Cenni di calcolo cristallografico: trasformazioni di coordinate, matrice metrica, distanze ed angoli di legame.

(2) Introduzione alla fisica della diffrazione: diffusione da un elettrone, da un atomo, fattori di diffusione, diffusione da una cella elementare e da un reticolo tridimensionale. Trasformate ed antitrasformate di Fourier: relazione tra spazio diretto e reciproco. Condizioni di Laue, sfera di Ewald, legge di Bragg. Estinzioni sistematiche, legge di Friedel. Indicizzazione degli spettri di diffrazione. Richiami delle principali tecniche sperimentali utilizzate in diffrazione: cristallo singolo, polveri. Approfondimenti delle geometrie sperimentali per diffrazione di polvere con radiazione monocromatica e policromatica. Approfondimenti sull'utilizzo e l'interpretazione degli spettri di diffrazione da materiali policristallini: analisi qualitativa, quantitativa, strutturale, microstrutturale, tessiturale. Cenni di analisi a profilo completo (Rietveld), funzioni analitiche che descrivono i picchi di diffrazione, significato fisico dei parametri raffinati.

**Struttura della verifica di profitto :**

Scritta, Orale

**Descrizione verifica profitto :**

Verifiche scritte periodiche durante il corso, esame orale finale.

**Testi di riferimento :**

Appunti di lezione: tutte le lezioni, il materiale didattico, gli esercizi sono disponibili in rete.

C. Hammond, "Introduction to crystallography", Ed. Oxford University Press.

A. Guagliardi, N. Masciocchi eds., "Analisi di Materiali Policristallini mediante tecniche di diffrazione", Insubria University Press, 2007.

**Ausili didattici :**

A. Putnis, "Introduction to Mineral Sciences", Ed. Cambridge University Press, Cambridge, 1992.

M.J. Buerger, "Introduction to crystal geometry", Ed. Mc Graw Hill, New York, 1971

M.J. Buerger, "Elementary crystallography", Ed. The MIT Press, Cambridge Mass., 1978

C. Giacovazzo ed., "Fundamentals of Crystallography", Ed. Oxford University Press, 2nd edition, 2002.

D. McKie, C. McKie, "Essentials of crystallography", Ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1986

F.D. Bloss, "Crystallography and crystal chemistry", Ed. Mineralogical Society of America, Washington, 1994

# TECNICHE PER IL VUOTO E FILM SOTTILI

---

(Titolare: Dott. VINCENZO PALMIERI)

**Periodo:** III anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Commissione di profitto:** Dott. PALMIERI VINCENZO (PrCr) - Presidente  
**Tipologie didattiche:** 24A+36L; 6,00 CFU

## **Contenuto dell'attività formativa :**

Flusso di Gas attraverso canalizzazioni:  
Regimi di flusso  
Conduttanza ed impedenza  
Flusso di gas in stato viscoso  
Flusso di gas in regime molecolare  
Conduttanza di una piccola apertura  
Conduttanza di tubi corti, lunghi e a gomito

Materiali per il vuoto:  
Desorbimento Permeabilità  
Solubilità, diffusione e degasamento  
Il baking di un sistema da vuoto  
Saldature e brasature da vuoto  
Materiali e componenti del vuoto  
Passanti elettrici, rotatori e traslatori

Produzione del vuoto:  
Pompe rotative  
Zeoliti e trappole  
Pompe a pistone  
Pompe a membrana  
Pompe Trocoidali,  
Pompe scroll Pompe roots  
Pompe Claw  
Pompe turbomolecolari  
Pompe a diffusione  
Pompe criogeniche  
Dimensionamento di una camera da vuoto in basso vuoto e in UHV  
Elementi di Progettazione  
Le regole auree e gli errori da non fare

Misura del vuoto:  
Vacuometri Pirani  
Vacuometri a Termocoppia  
Vacuometri capacitivi  
Vacuometri penning  
Vacuometri a ionizzazione  
Vacuometri Bayard Alpert  
Analizzatori quadrupolari di massa  
Ricerca di fughe reali e virtuali

Fondamenti di Elettrotecnica  
La rete trifase  
Il monofase  
Collegamenti circuitali  
Automatismi a Relais, ed applicazione ai sistemi da vuoto  
Funzionamento di motori ed applicazioni nel PVD

Deposizione di films sottili:  
Fondamenti dello sputtering  
Sputtering in regime DC, RF, Biased  
Deposizione per arco Catodico.  
Film per elettroplating  
Pulizia dei substrati  
L'elettropulitura dei substrati

Confinamento magnetico di plasmi:  
Progettazione e costruzione di sorgenti di deposizione.  
Progettazione di impianti da ultra alto vuoto per la deposizione PVD di films sottili

Esercitazione di laboratorio circa le problematiche sperimentali della produzione del vuoto

## **Struttura della verifica di profitto :**

Orale

## **Testi di riferimento :**

Ferrario, Introduzione alla tecnologia del vuoto, Patron Editore Bologna.

*Maissel & Glang, Handbook of thin film Technology, Mac Grow III.*

*Maurice H. Francombe and John L. Vossen eds., Plasma Sources for Thin Film Deposition and Etching, Vol. 18 of Physics of Thin Film Series, Academic Press, 1994.*