UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

SCUOLA DI SCIENZE

Bollettino Notiziario - A.A. 2022/2023

LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZA DEI MATERIALI (ORD. 2015)

Curriculum: Corsi comuni

BREVETTAZIONE E SVILUPPO DI PRODOTTI

Titolare: Dott. STEFANO MARETTO

Mutuato da: Laurea magistrale in Chimica (Ord. 2018)

Periodo: II anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: +20E; 2,00

CHIMICA FISICA DEI MATERIALI

Titolare: Prof. VINCENZO AMENDOLA

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:
Elettrostatica: Legge di Coulomb, Campo e potenziale elettrostatico, Legge di Gauss, Equazioni di Poisson e Laplace, Dipolo elettrico, conduttori in equilibrio, Schermo elettrostatico, Capacità e condensatori, Energia di un sistema di cariche e del campo elettrostatico, Dielettrici e Costante dielettrica, Polarizzazione, Correnti elettriche e densità di corrente, Conservazione della carica, Effetto Joule). Magnetismo: Campo magnetico, forza di Lorentz, Moto di una carica in un campo magnetico, Forze tra correnti, dipolo magnetico, Induzione elettromagnetica. Elettromagnetismo: Equazioni di Maxwell, energia del campo elettromagnetico, Campi magnetici ed elettrici variabili e forze non conservative, Equazione delle onde, Ottica geometrica, Birifrangenza e attività ottica, Fenomeni di interferenza e diffrazione. Cristallografia: Cristallo ideale, Concetto di reticolo, cella cristallografica, Elementi di simmetria cristallografica, 32 gruppi di simmetria puntuale, gruppi spaziali, Fisica della diffrazione, Trasformate ed antitrasformate di Fourier, Diffrazione delle onde da parte di un cristallo. Quantomeccanica e struttura della materia: modello atomico di Bohr, Principio di corrispondenza e quantizzazione del momento angolare, Velocità di gruppo e dispersione di onde, principio di indeterminazione di Heisenberg, Dualismo onda-particella, Equazione di Shroedinger, Oscillatore armonico quantistico, Osservabili e operatori, Quantizzazione di energia e momento angolare, Interazione spin-orbita, Principio di esclusione di Pauli, Distribuzione di Fermi–Dirac, Approssimazione di Born-Oppenheimer, Teoria dell'orbitale molecolare, Calcoli quantomeccanici molecolari di campo medio, Approccio di Hartree-Fock, Calcoli semiempirici e ab-inito, Interazione di configurazione, Teoria del funzionale densita?. Spettroscopie ottiche e magnetiche: Simmetria molecolare, Elementi ed Operazioni di simmetria puntuale, Spettroscopie, Teoria della perturbazione indipendente dal tempo e dipendente dal tempo, Interazione con la radiazione elettromagnetica e momenti di dipolo di transizione, Assorbimento, emissione e scattering, Coefficienti di Einstein, Regole di selezione per le transizioni, spettroscopia elettronica, Struttura vibrazionale e fattori di Frank Condon, Fluorescenza e Fosforescenza, Introduzione alla statistica termodinamica, Distribuzione di Boltzman, Energia interna ed entropia molecolari Fisica dello Stato Solido: La teoria classica del cristallo armonico, il calore specifico, teoria quantistica elementare del cristallo armonico e fononi, la distribuzione di Plank, densità degli stati, gas di elettroni, La sfera di Fermi, conducibilita' elettrica dei metalli nel modello di Drude, la conducibilita' termica dei metalli, interazione elettrone-elettrone, effetti di schermo e principio di Pauli, struttura a bande.

Conoscenze e abilità da acquisire:
Il corso si prefigge di fornire una ampia e approfondita trattazione delle correlazioni fra le proprietà strutturali e microscopiche dei materiali e le loro proprietà macroscopiche (ottiche, elettriche, magnetiche, ecc.). Al termine del corso, lo studente avrà acquisito competenze in merito alla natura tensoriale delle proprietà fisiche dei cristalli, delle proprietà dielettriche ed ottiche degli isolanti, del magnetismo (dia, para, ferro, ferri e antiferro magnetismo), delle proprietà ottiche di metalli e semiconduttori, delle forze intermolecolari, dell'auto assemblaggio e dei materiali autoassemblanti, e alcuni cenni sui processi di trasferimento di energia ed elettronico intermolecolare.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:
L'attività principale si svolge in forma di lezioni d'aula. Viene sollecitata la partecipazione attiva degli studenti riservando tempo a domande e risposte e deviando, di tanto in tanto, dal percorso programmato per introdurre riferimenti a temi attuali e ad attività di ricerca applicativa. Si farà ricorso a quiz, materiale video e campioni reali di materiali proposti a scopo dimostrativo sarà utilizzato per favorire il percorso formativo. La partecipazione degli studenti sarà favorita tramite la suddivisione in gruppi di studio per la partecipazione a quiz tramite piattaforme telematiche (Moodle) dove verrà reso disponibile anche il materiale di studio.

Contenuti:
- Forze intermolecolari - Natura e classificazione delle f.i. - Trattazione perturbativa - Riconoscimento molecolare - autoassemblaggio e materiali autoassemblanti - Diamagnetismo e paramagnetismo. - Ferromagnetismo, ferrimagneismo e antiferromagnetismo. - Natura tensoriale delle proprietà fisiche dei cristalli. - Proprietà dielettriche ed ottiche degli isolanti. - Proprietà ottiche di metalli e semiconduttori. - Funzione dielettrica di Lindhard - Schermaggio dielettrico nei metalli - Costante dielettrica nei semiconduttori - Transizioni intrabanda e ottica di plasma - Transizioni interbanda e funzione densità degli stati congiunta - Eccitoni (tipologie e classificazioni) - Interazioni elettrone-fonone. Polaroni. - Cenni al trasferimento di energia intermolecolare e al trasferimento elettronico intermolecolare.

Modalità di esame:
L'esame consiste in un colloquio orale che verterà su tutti gli argomenti trattati a lezione. Si chiederà di esporre gli argomenti sia in modo concettuale che ricorrendo a dimostrazioni matematiche e schemi riprodotti dallo studente sulla lavagna. Tipicamente l'esame si focalizzerà su due argomenti selezionati tra quelli trattati a lezione, e si potrà partire da essi per effettuare collegamenti agli altri argomenti. In caso sia necessario un livello di approfondimento maggiore delle conoscenze acquisite dallo studente, il numero di argomenti trattati all'esame potrà crescere.

Criteri di valutazione:
Lo studente dovrebbe dimostrare una comprensione dei principi generali e una capacità di utilizzarli per la descrizione di specifici materiali e particolari fenomeni. Coerentemente con la natura interdisciplinare della laurea magistrale in Scienza dei Materiali, dovrebbe mostrare una capacità di correlare concetti di fisica e chimica dei materiali e riconoscere sia alcune basi comuni che differenze fittizie o puramente semantiche.

Testi di riferimento:
J.F. Nye, Physical Properties of Crystals. : Oxford University Press, 1964 Jacob Israelachvili, Intermolecular and Surface Forces, second or later edition. London: Academic Press, 1991 Charles Kittel, Introduction to Solid State Physics. : Wiley, Gert Strobl, Condensed Matter Physics: Crystals, Liquids, Liquid Crystals, and Polymers. Berlin: Springer-Verlag, Berlin, 2004

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:
Vengono caricate sulla home page del corso le slides utilizzate durante le lezioni per supportarle con materiale iconografico. Dispense dettagliate vengono rese disponibili dal docente sulla home page del corso. Una lista precisa di libri di testo sarà fornita dal docente per consentire l'approfondimento degli argomenti trattati a lezione.

COMPUTATIONAL METHODS FOR MATERIALS SCIENCE

Titolare: Prof. FRANCESCO ANCILOTTO

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:
Elementi di fisica quantistica e di fisica dello stato solido. Concetti di base di termodinamica: principi, potenziali termodinamici. Non sono richieste conoscenze di programmazione.

Conoscenze e abilità da acquisire:
Il corso si propone di fornire agli studenti le basi per la comprensione dei metodi computazionali usati nell'ambito della scienza dei materiali. Questo permettera' allo studente: - di comprendere come i metodi computazionali possano essere usati per capire e predire il comportamento dei materiali e la relazione tra le proprietà macroscopiche e la struttura microscopica della materia; - di riconoscere le tecniche numeriche adatte per le diverse scale spaziali e temporali; - di valutare le assunzioni e delle approssimazioni che stanno alla base delle diverse tecniche di calcolo. Alla fine del corso lo studente sara' in grado di giudicare in maniera critica potenzialita' e limiti dei metodi computazionali usati per lo studio dei materiali e di valutare la qualità delle simulazioni riportate in letteratura. Inoltre avrà raggiunto una maggiore comprensione dell'origine microscopica del comportamento fisico della materia. Infine avra' acquisito le nozioni di base per l'impiego di alcuni comuni pacchetti di calcolo.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:
Il corso verra' tenuto dal prof. Francesco Ancilotto e dalla prof. Alberta Ferrarini. Il corso prevede lezioni d'aula ed esercitazioni al calcolatore in aula informatica.

Contenuti:
Richiami di termodinamica e meccanica statistica classica. Simulazioni di Dinamica Molecolare classica; integrazione numerica delle equazioni di Newton. Metodi Monte-Carlo; algoritmo di Metropolis. Simulazioni in diversi ensemble statistici. Aspetti comuni dei metodi di simulazione: condizioni iniziali e condizioni al contorno; calcolo delle interazioni tra particelle. Calcolo di grandezze termodinamiche e di proprietà di trasporto. Interazioni intermolecolari; campi di forze (force fields); modelli atomistici e 'coarse grained'. Metodi variazionali per la soluzione di equazioni di Schrodinger. Teoria di Hartree e Hartree-Fock. Elementi di Teoria del Funzionale Densita' (DFT). Simulazioni "da principi primi". I diversi metodi verranno discussi in relazione ad applicazioni a problemi di interesse per la scienza dei materiali (cristalli, superfici, soft matter, materiali naostrutturati). Il corso e' integrato da esercitazioni al calcolatore. Nelle esercitazioni lo studente effettuera' semplici simulazioni usando pacchetti di calcolo open-source che vengono correntemente usati per lo studio dei materiali, e imparera' a interpretare e a presentare i risultati delle simulazioni.

Modalità di esame:

Esame orale in cui lo studente discuterà elaborati scritti in cui vengono riportati i risultati di tre simulazioni numeriche (calcoli Monte Carlo, di Dinamica Molecolare e DFT).

Criteri di valutazione:
Comprensione dei principali concetti che stanno alla base di metodi per la simulazione numerica di proprieta' della materia condensata. Capacita' di interpretare e presentare i risultati di simulazioni fatte al calcolatore.

Testi di riferimento:
R. LeSar, Introduction to Computational Materials Science. Cambridge: Cambridge University Press, 2013 D. Frenkel, B. Smit, Understanding Molecular Simulations, 2nd edition. San Diego: Academic Press, 2002 M. P. Allen, D. .J. Tildesley, Computer simulation of liquids - 2nd Edition. Oxford: Oxford University Press, 2017

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:
Dispense e copie di diapositive foriniti dai docenti. Il materiale didattico verra' messo a disposizione nel sito web dei docenti. Ulteriore materiale di approfondimento (articoli di tipo generale o su argomenti specifici, manuali d'uso dei programmi di calcolo, ..) verranno condivisi in dropbox.

CRYSTALCHEMISTRY OF MATERIALS FOR THE SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENT

Titolare: Prof. LUCA VALENTINI

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 32A+10E+12L; 6,00

Prerequisiti:
Fondamenti di scienza dei materiali, matematica, fisica e chimica dello stato solido

Conoscenze e abilità da acquisire:
Al termine dell'insegnamento, lo studente avrà appreso i seguenti concetti: - Ruolo dei minerali industriali e materiali da costruzione nella società, nello sviluppo sostenibile e nell'economia circolare. - Ruolo dei processi fisico-chimici all'interfaccia solido-liquido (dissoluzione, diffusione, adsorbimento, precipitazione) nella cinetica di reazione dei materiali cementizi. - Caratterizzazione sperimentale, studio microstrutturale e modellazione numerica di materiali inorganici compositi. Tra le specifiche competenze da acquisire figurano: - Comprensione del ruolo di termodinamica, cinetica e interfaccia solido/liquido nel controllo delle proprietà ingegneristiche di materiali compositi. - Familiarità con la terminologia inerente ai materiali da costruzione nell'ambito dello sviluppo sostenibile. - Capacità di interpretare il ruolo delle scienze materiali dei nello sfruttamento sostenibile delle materie prime.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:
Lezioni in PowerPoint; video su YouTube; apprendimento interattivo con Moodle e Wooclap; calcoli termodinamici con il software GEMS; analisi di dati XRD; discussioni su temi attuali di ricerca applicativa.

Contenuti:
1) Introduzione ai minerali industriali, materiali da costruzione e sviluppo sostenibile. Impatto della crescita demografica e urbanizzazione sulla società. 2) Utilizzo storico dei materiali da costruzione; classificazione dei leganti; processi di produzione del cemento; cristallochimica delle fasi del cemento. 3) Ruolo dell'interfaccia solido-liquido nell'idratazione del cemento; processi di dissoluzione e adsorbimento; ruolo dei difetti superficiali. 4) Studio della reologia delle paste cementizie e di altri materiali; effetto di polimeri organici sulle proprietà degli impasti cementizi; visita al laboratorio di reometria; tecniche di stampa 3D di miscele leganti. 5) Sviluppo microstrutturale e processi di nucleazione e crescita; studio della microstruttura di materiali cementizi e suo ruolo nel determinare le proprietà ingegneristiche; visita al laboratorio di microtomografia 3D. 6) Durabilità e processi chimici e fisici di degrado del calcestruzzo. 7) Tecniche di laboratorio e di modellazione numerica per lo studio dei materiali cementizi; esercitazioni di diffrazione dei raggi X e modellazione termodinamica. 8) Materiali da costruzione e sostenibilità: approcci di economia circolare nell'approvvigionamento di materie prime; cementi a basse emissioni di CO_2; materiali da costruzione nei paesi in via di sviluppo; materiali cementizi per costruzioni extra-terrestri.

Modalità di esame:
1) Test scritto a risposta multipla e 2) presentazione orale (PowerPoint) su un argomento scelto dallo studente (all'incirca 15 minuti per la presentazione orale e 15 minuti per il test scritto).

Criteri di valutazione:
Comprensione e approfondimento degli argomenti trattati; approccio critico agli argomenti e indipendenza nello studio; capacità espositive.

Testi di riferimento:
Scrivener, Karen; Snellings, Ruben; Lothenbach, Barbara, A Practical Guide to Microstructural Analysis of Cementitious Materials. Boca Raton: CRC Press, 2016 Taylor HFW, Cement chemistry. : Thomas Telford, 1997 Hewlett PC, Lea's Chemistry of Cement and Concrete. : Elsevier, 1998 Pöllmann H, Cementitious Materials - Composition, Properties, Application. Berlin/Boston: De Gruyter, 2017

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:
Slide delle lezioni; capitoli di libri di testo; articoli su riviste; siti web.

ELECTROCHEMISTRY OF MATERIALS

Titolare: Prof. CHRISTIAN DURANTE

Periodo: II anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:
Buone conoscenze di Chimica generale ed inorganica e di Chimica fisica. -concetto di conducibilità ionica ed elettronica -concetto di acido e base -concetto di grandezza termodinaca -concetto di cinetica chimica e teorie cinetiche -orbitali atomici e molecolari, teoria delle bande - proprietà dei polimeri, dei metalli e dei gas

Conoscenze e abilità da acquisire:
Il corso si prefigge di fornire la conoscenza dei fondamenti dell'elettrochimica, in particolare del processo di trasferimento elettronico e delle principali tecniche elettrochimiche di caratterizzazione dei materiali (tecniche voltammetriche, di microscopia elettrochimica e di spettroscopia di impedenza), con particolare riferimento al loro impiego nei dispositivi elettrochimici per l'energetica e la sensoristica (celle a combustibile, accumulatori, supercpacitori).

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:
L'insegnamento sarà frontale. Inoltre sarà organizzata una visita al Laboratorio di Elettrochimica per una visione delle principali tecniche elettrochimiche e la caratterizzazione dei materiali elettrodici. Saranno invitati a tenere dei seminari alcuni esperti del settore industriale

Contenuti:
1. Conduttori elettrici: conduttori elettronici; conduttori ionici. Materiali innovativi per applicazioni elettrochimiche. 2. Elettrodo; elettrificazione interfacciale, potenziale elettrodico, tipi di elettrodi. 3. Cinetica del processo elettrochimico; trasferimento elettronico e teoria di Butler-Volmer; trasporto di materia, diffusione. 4. Tecniche voltammetriche; voltammetria lineare e ciclica su elettrodo stazionario; elettrodo a disco rotante. 5. Elementi di spettroscopia di Impedenza, cenni generali, circuiti equivalenti; diagrammi di Nyquist e di Bode 6. Microscopia elettrochimica 7. Elettrodeposizione di metalli ed elettrodi nanostrutturati 8. Energetica elettrochimica: pile e celle a combustibile.

Modalità di esame:
Esame orale basato generalmente su due/tre domande: -teoria cinetica elettrochimica/tecniche elettrochimiche -dispositivi di accumulo e conversione energetica/proprietà dei materiali elettrodici Si valuterà anche la possibilità di svolgere l'esame in modalità scritta con tre prove intermedie, in relazione alle richieste degli studenti

Criteri di valutazione:
Verrà valutato il grado di conoscenza acquisita e la capacità di descrivere in modo logico le principali applicazioni elettrochimiche dei materiali innovativi.

Testi di riferimento:
J.O'M. Bockris, A.K.N. Reddy,, Modern Electrochemistry Vol. 1, 2A e 2B. New York: Kluwer Academic/Plenum Press, 1998 Bard, Allen J.; Faulkner, Larry R., Electrochemical Methods, Fundamentals and applications; 2nd edition. New York: John Wiley & Sons, 2001

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:
Saranno fornite dispense e lucidi di lezione su tutto il programma svolto.

FUNDAMENTALS OF NANOSCIENCE

Titolare: Prof. GIOVANNI MATTEI

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 64A; 8,00

Prerequisiti:
Elettromagnetismo, Fisica Quantistica (particella nella scatola, confinamento quantico), Fisica dello Stato Solido (struttura fononica ed elettronica dei solidi, proprietà termiche e proprietà ottiche)

Conoscenze e abilità da acquisire:
Il corso si prefigge i seguenti obiettivi formativi: - Fornire le basi per la comprensione delle proprietà chimiche e fisiche dei materiali nanodimensionali che sono alla base delle loro potenziali applicazioni nel campo delle nanotecnologie. - Presentare alcune tecniche di sintesi e caratterizzazione di nanostrutture confinate (nanocluster) con applicazioni nanotecnologiche in fotonica, in plasmonica e nel magnetismo.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:
1) Fundamentals of NanoScience (LM in Scienza dei Materiali e in Ingegneria dei Materiali) Il corso prevede lezioni frontali tenute dal Prof. G. Mattei (Modulo A) e dai Prof. S. Agnoli e Prof. M. Meneghetti (Modulo B). 2) Introduction to NanoPhysics (LM in PHYSICS) Il corso prevede lezioni frontali tenute dal Prof. G. Mattei. Sono anche previste esercitazioni di laboratorio come applicazione dei contenuti visti a lezione (sintesi, caratterizzazione ottica e simulazione con la teoria di Mie di nanoparticelle metalliche in soluzione e loro caratterizzazione con microscopia elettronica).

Contenuti:
1) LM in Scienza dei Materiali: MOD. A + B + C 2) LM in Physics: MOD. A + D 3) LM in Ingegneria dei Materiali: MOD. A + B *** MODULO A (4 CFU: comune per LM in Scienza dei Materiali / Physics / Ingegneria dei Materiali) - Classificazione, caratteristiche e proprietà generali dei materiali nanostrutturati: confinamento quantico e proprietà elettroniche. Equazioni di taglia. - Proprietà termodinamiche di nanostrutture: effetto di taglia termodinamico, nucleazione (equazione di Gibbs-Thomson) e crescita di nanostrutture (regimi di aggregazione limitata dalla diffusione e Ostwald ripening) - Nanostrutture in matrice solida: l'impianto ionico per la sintesi e la modifica di nanostrutture metalliche. Verifica dei regimi di nucleazione e crescita. - Proprietà ottiche di nanostrutture: (i) proprietà plasmoniche di nanostrutture metalliche non interagenti (Teoria di Mie e sue estensioni); (ii) nanostrutture interagenti - Tecniche di caratterizzazione di nanostrutture: la microscopia elettronica in trasmissione (TEM) e in scansione (SEM). *** MODULO B (2 CFU: LM in Scienza dei Materiali / Ingegneria dei Materiali) - Panoramica sui metodi di preparazione delle nanostrutture (sia top-down che bottom-up, con particolare enfasi sulle seconde). Aspetti strutturali ed energetici delle nanostrutture e metodi per la loro stabilizzazione. Difetti nei materiali nanodimensionali. Solidi a porosità controllata. Forme delle nanoparticelle: aspetti termodinamici e cinetici. Nanoparticelle core-shell. Autoassemblaggio ed auto organizzazione. Metodo colloidale. Effetto templante. Preparazione di nanoparticelle, nanowires, nanotubes, films ultrasottili. Self-assembled Monolayers. Films di Langmuir e Langmuir-Blodget. Interfacce coerenti, semi-coerenti, epitassiali e pseudomorfe. Metodi per crescita di films ultrasottili: CVD, MBE, PVD, ALE e PLD . *** MODULO C (2 CFU: LM in Scienza dei Materiali) - Richiamo delle equazioni fondamentali per la descrizione della dinamica di elettroni e fotoni. Proprietà della materia che consentono il confinamento di elettroni e fotoni. Densità degli stati per sistemi confinati in una, due o tre dimensioni. Proprietà di nanostrutture di carbonio a bassa dimensionalità: grafene e nanotubi. Descrizione tight binding delle loro proprietà di conduzione, ottiche (assorbimento ed emissione) e di scattering Raman (Kataura plots). Modelli per il confinamento elettronico in quantum dots nel regime di debole e forte confinamento. Confinamento di elettroni in nano particelle metalliche e proprietà plasmoniche. Condizione di Froehlich e proprietà ottiche a campo prossimo e lontano. Effetto SERS con nano strutture plasmoniche. Cenni al confinamento di fotoni in cristalli fotonici. *** MODULO D (2 CFU: LM in Physics) - Richiamo delle equazioni fondamentali per la descrizione della dinamica di elettroni e fotoni; - Confinamento di elettroni e fotoni in sistemi

nanostrutturati; - Cristalli fotonici 2D e 3D; - Meta-materiali: (i) a dispersione iperbolica, (ii) ad indice di rifrazione negativo - Esercitazioni di Laboratorio: (i) sintesi di nanoparticelle sferiche di Au in soluzione; (ii) misura del loro spettro di trasmittanza UV-VIS; (iii) simulazione degli spettri misurati tramite la teoria di Mie; (iv) caratterizzazione tramite microscopia elettronica.

Modalità di esame:
1) Fundamentals of NanoScience (LM in Scienza dei Materiali) L'esame consiste in una prova scritta (durata 2 ore) che prevede due domande aperte e una serie di quiz a risposta multipla. 2) Introduction to NanoPhysics (LM in PHYSICS) L'esame consiste in una prova scritta (durata 2 ore) che una domanda aperta e un esercizio di applicazione numerica dei concetti appresi. 3) Fundamentals of NanoScience (LM in Ingegneria dei Materiali) L'esame consiste in una prova scritta (durata 2 ore) che prevede una domanda aperta e una serie di quiz a risposta multipla.

Criteri di valutazione:
La valutazione della preparazione si baserà sulla comprensione degli argomenti svolti e sulla capacità di fare collegamenti fra diversi argomenti. Per il corso di Introduction to NanoPhysics (MSc in PHYSICS) si valuteranno anche le relazioni scritte presentate sulla parte di esercitazione pratica.

Testi di riferimento:
R. Kelsall, I. Hamley, M. Geoghegan, Nanoscale Science and Technology. : J.Wiley& Sons, 2005 S. Maier, Plasmonics, fundamentals and applications. : Springer, 2007 C. Bohren, D. Huffmann, Absorption and scattering of light by small particles. : Wiley-Interscience, 2004 P. Prasad, Nanophotonics. : Wiley-Interscience, 2004 G. Cao, Nanostructures and Nanomaterials. : Imperial College Press, 2004

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:
Verranno fornite dispense da parte dei Docenti attraverso le pagine Moodle. Gli argomenti e i contenuti trattati potranno essere approfonditi e/o integrati sui testi indicati nella sezione 'Testi di Riferimento'.

LABORATORIO DI PREPARAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI 2

Titolare: Prof.ssa RAFFAELLA SIGNORINI

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 8A+10E+96L; 10,00

Prerequisiti:
Conoscenze acquisite nei Corsi della Laurea Triennale, in particolare: Chimica Organica I, Chimica Organica II per Scienza dei Materiali e Chimica Fisica II.

Conoscenze e abilità da acquisire:
Competenze di procedure di chimica organica per la preparazione di molecole/materiali e conoscenza di tecniche spettroscopiche (in prevalenza) utili alla loro caratterizzazione. Abilità di stesura di un report scientifico.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:
Lezioni d'aula e in laboratorio volte ad introdurre lo studente alle attività del corso. Attività di laboratorio svolte autonomamente dagli studenti.

Contenuti:
Durante il corso verranno condotte esperienze di chimica organica e di chimica – fisica, volte alla preparazione di materiali innovativi e alla loro caratterizzazione, attraverso l'uso prevalente di tecniche spettroscopiche. Durante il laboratorio di sintesi organica saranno preparate, purificate e caratterizzate diverse molecole che rivestono interesse in applicazioni legate a materiali innovativi, quali: fulleropirrolidine; metalloporfirine, nanoparticelle, molecole precursori per organogel; per la purificazione di tali molecole si utilizzeranno tecniche di estrazione e separazione per cromatografia; la caratterizzazione sarà basata su tecniche quali spettrometria NMR, spettrometria di massa, spettroscopie IR e UV. La parte di caratterizzazione chimico-fisica prevede: - esperimenti di assorbimento ed emissione nell'UV-Vis, - esperimenti di fluorescenza time resolved con tecnica TCSPC (time-correlated single photon counting), - tecniche FTIR per lo studio di proprieta? vibrazionali di materiali e film sottili (misure in trasmittanza e ATR: riflettanza totale attenuata), - esperimenti di spettroscopia micro – Raman e Raman – SERS, - caratterizzazione delle proprietà di assorbimento non lineare di materiali molecolari con misure di z – scan.

Modalità di esame:
Valutazione del comportamento in laboratorio, consegna di relazioni sperimentali e esame orale, le cui domande vertono sulla parte introduttiva e la parte sperimentale delle esperienze svolte in laboratorio.

Criteri di valutazione:
La votazione si baserà sulla valutazione del comportamento e delle relazioni di laboratorio e su un esame orale/scritto.

Testi di riferimento:
H. Kuzmany, Solid – State Spectroscopy. Heidelberg: Springer, 2009 Lakowicz, Joseph R., Principles of fluorescence spectroscopy. New York: Springer, 2006 R.W. Boyd, Nonlinear Optics. Amsterdam: Elseviere – Academic Press, 2008 J. Clayden, N. Greeves and S.G. Warren, Organic Chemistry. Oxford: Oxford University Press, 2012 P.W. Atkins and R.S. Fridman, Molecular Quantum Mechanics. Oxford: Oxford University Press, 2011 R.M. Silverstein et al., Spectrometric Identification of Organic Compounds. Chichester: Wiley, 2014

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:
Dispense di lezione e articoli di letteratura indicati dai Docenti.

MATERIALS TECHNOLOGY

Titolare: Prof. ALESSANDRO MARTUCCI

Periodo: II anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 40A+10E; 6,00

Prerequisiti:

Il corso richiede le conoscenze dell'esame di Fondamenti di Scienza dei Materiali della laurea triennale.

Conoscenze e abilità da acquisire:
Fornire le conoscenze sulle principali tecnologie impiegate nella produzione e nell'ingegnerizzazione di componenti in materiale ceramico, vetroso o composito.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:
Lezioni frontali, esercitazioni in classe, sezioni di tutoring, quiz in classe, schemi e mappe concettuali.

Contenuti:
Materiali ceramici: processi di produzione, proprietà meccaniche, difetti. Vetri: processi di produzione (vetro piano, vetro cavo, fibre), proprietà meccaniche, proprietà chimiche e degrado. Compositi: processi di produzione dei materiali compositi a matrice polimerica e ceramica, proprietà meccaniche. Introduzione alla selezione e progettazione dei materiali. Laboratorio: 1. Sinterizzazione di un materiale ceramico strutturale e valutazione della sua resistenza meccanica. 2. Processo di fusione di un vetro e caratterizzazione delle sue proprietà ottiche.

Modalità di esame:
Esame orale

Criteri di valutazione:
La valutazione dello studente si baserà sulla comprensione degli argomenti svolti, sull'acquisizione dei concetti e delle metodologie proposte e sulla capacità di applicarli in modo consapevole ed autonomo.

Testi di riferimento:
Michael F. Ashby, David R.H. Jones, Engineering Materials 2. : Butterworth-Heinemann, 2013

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:
Gli studenti potranno scaricare i lucidi delle lezioni dalla piattaforma moodle.

METODI FISICI DI CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI E LABORATORIO

Titolare: Prof.ssa CHIARA MAURIZIO

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 40A+12E+48L; 10,00

Prerequisiti:
Il contenuto del corso presuppone che lo studente sia in possesso di solide competenze di fisica classica, di fisica quantistica e nozioni di base di fisica dello stato solido. Questa preparazione è fornita dagli insegnamenti del corso di Laurea in Scienza dei Materiali e del corso di Laurea in Fisica.

Conoscenze e abilità da acquisire:
Lo studente imparerà a utilizzare varie interazioni della radiazione con la materia allo scopo di ottenere informazioni sulla composizione di un materiale, sulla distribuzione spaziale delle specie chimiche presenti e sulla struttura atomica e cristallina. Gli esperimenti condotti in prima persona dallo studente consentiranno inoltre di misurare alcune proprietà elettroniche di materiali e imparare ad otterere informazioni sulla topografia di superfici nanostrutturate. Alla fine del corso lo studente padroneggerà alcuni esempi di base di metodi spettroscopici e di microscopia utilizzati nello studio dei materiali e sarà in grado di discuterne criticamente i risultati.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:
Lezioni frontali e sessioni di misura (sia dimostrazioni che esperimenti svolti direttamente dagli studenti) presso i laboratori di ricerca e i laboratori didattici del Dipartimento di Fisica e Astronomia.

Contenuti:
Principi di base dell'interazione radiazione-materia. Sezione d'urto. Interazione ione—nucleo: interazione coulombiana a due corpi ione-nucleo e Spettrometria di Rutherford Backscattering. Perdita di energia degli ioni nella materia. Spettrometria di massa di ioni secondari: il fenomeno dello sputtering, gli spettrometri di massa, quantificazione dei risultati. Interazione raggi X-materia. Diffrazione di raggi X ad alta risoluzione da materiali cristallini. Teoria cinematica e teoria dinamica. Monocromatizzazione e collimazione dei raggi X. L'intensità diffratta nello spazio reciproco. La riflettività di raggi X da superfici e film sottili e le informazioni che se ne traggono. Spettroscopia di assorbimento X: EXAFS, XANES, XMCD. Tecniche di imaging con raggi X. Esperimenti di spettroscopia di assorbimento (visibile e vicino infrarosso) e per lo studio di fenomeni di diffusione e trasporto in un semiconduttore. Microscopia a scansione di sonda.

Modalità di esame:
La prova d'esame e' orale e consiste in cinque domande aperte che riguardano i metodi fisici di caratterizzazione dei materiali trattati nel corso e gli esperimenti di laboratorio svolti dagli studenti a gruppi. Vengono inoltre valutate le tre relazioni di laboratorio prodotte. E' possibile sostenere l'esame che riguarda gli esperimenti di laboratorio separatamente.

Criteri di valutazione:
Si valuterà la capacità dello studente di comprendere e discutere criticamente le basi fisiche ed i possibili utilizzi di metodi fisici di analisi dei materiali, incluse le strategie sperimentali approfondite nel corso.

Testi di riferimento:
J. Als-Nielsen, D- McMorrow, Elements of Modern X-ray Physics, second edition. : Wiley, 2010 E. Meyer, H. Hug, R. Bennewitz, Scanning Probe Microscopy. Berlin Heidelberg New York: Springer Verlag, 2003 P.F. Fewster, X-ray Scattering from Semiconductors. London: Imperial College Press, 2003 L.C. Feldman, J.W. Mayer, Fundamentals of Surface and Thin Film Analysis. New York: North-Holland: , 1986

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:
A supporto dei testi consigliati saranno disponibili in rete le slides utilizzate nel corso delle lezioni e le dispense di guida agli esperimenti.

NANOFABRICATION

Titolare: Prof. FILIPPO ROMANATO

Periodo: II anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:
corsi del terzo anno di scienza dei materiali, ottica, struttura della materia, nanostrutture

Conoscenze e abilità da acquisire:
Studio di correlazione tra modellistica e processi di realizzazione di nanostrutture. Abilità nel correlare fenomeni, modelli, proprietà di materiali con le tecniche per l'ottenimento e lo sviluppo di tecnologie di nanofabbricazione per la realizzazione di dispositivi nanostrutturati.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:
il corso include diapositive dei diversi temi. presentazioni di metodi di simulazione di nano sistemi principalmente ma non esclusivamente basati su ottica e fotonica presentazioni di tecnologie di nanofabbricazione, processi e controllo di nanostrutture con diverse tecniche di caratterizzazione il corso prevede lezioni frontali in aula e visite alle strutture alcune sale pulite di nanofabbricazione per partecipare a dimostrazioni pratiche di tecniche di processo

Contenuti:
Molti degli impressionanti progressi tecnici e scientifici degli ultime due decadi sono basati sulla capacita' di controllare i singoli fenomeni chimico-fisici a livello di pochi nanometri cioe' alla scala di dimensioni alla quale avviene la maggior parte dei fenomeni naturali. Questo controllo e' stato ottenuto sviluppando sistemi e processi di micro e nano fabbricazione per la realizzazione di dispositivi (anche denominati lab-on-chip) in grado di scambiare segnali (rivelazione e attuazione) con sistemi delle dimensioni di pochi manometri coniando, di fatto, la definizione di nanotecnologia. Il corso è rivolto agli studenti (scienze dei materiali, fisica, biotecnologie, chimica) in vista della tesi di laurea per l'ampia correlazione tra fenomeni fisici, chimici, biochimici che i processi di nanofabbricazione richiedono in vista della realizzazione di nanostrutture e nanodispositivi. Vengono discussi temi di apertura verso la ricerca delle nanoscienze. Il corso discutera' il processo di miniaturizzazione e il processo di riduzione di scala di molti fenomeni naturali che contraddistinguono il funzionamento dei nanodispositivi. Verranno presentati le principali tecnologie di nanofabbricazione e verranno presentati esempi di applicazione per la realizzazione di dispositivi ed esperimenti di nanoscienza. Dopo una generale distinzione tra processi top-down e bottom-up, verrano illustrate le tecnologie di litografia (UV, elettronica, X-ray, ionica, imprinting, interferenziale etc), processi di deposito (plasma assisted, in fase vapore o chimica, sol-gel etc.) e di sottrazione in fase gassosa (reactive ion etching, milling) o liquida (etching chimici). Verra' rivista la tecnologia di fabbricazione di dispositivi elettronici su base silicio. Vengono proposti esercizi di simulazione di disegno di nanosistemi. Il corso viene completato da delle visite in laboratorio di nanofabbricazione a Trieste presso i laboratori di nanofabbricazione del CNR presso il sincrotrone Elettra. Durante queste visite si avranno dimostrazioni pratiche dei processi litografici trattati durante il corso in aula.

Modalità di esame:
Approfondimento di una tematica, preparazione di una presentazione, discussione scritta. Esame orale, presentazione dell'elaborato e verifica dell'apprendimento dei principali concetti di nano litografia.

Criteri di valutazione:
La valutazione della preparazione si baserà sulla comprensione degli argomenti svolti e sulla capacità di fare collegamenti fra diversi argomenti. Si valuteranno anche le relazioni scritte presentate .

Testi di riferimento:
CONTENUTO NON PRESENTE

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:
vengono dispensate le presentazioni d'aula e capitoli di libri o articoli sulle specifiche tecniche litografiche.

OPTICS AND LASER PHYSICS

Titolare: Prof.ssa TIZIANA CESCA

Periodo: II anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:
Concetti appresi nei corsi di Matematica, Fisica 1 e Fisica 2.

Conoscenze e abilità da acquisire:
Il corso si propone di fornire gli elementi di base per la comprensione dei fenomeni fisici che sono alla base dell'ottica classica e del funzionamento dei laser e delle loro applicazioni scientifiche. Verranno anche introdotti concetti più avanzati di quantistica.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:
Il corso si sviluppa in lezioni in aula durante le quali si affronteranno gli argomenti teorici e lo svolgimento di esercizi e problemi.

Contenuti:
Richiami di ottica classica: - propagazione delle onde elettromagnetiche nel vuoto e nella materia, - polarizzazione della luce, birifrangenza, interferenza, diffrazione, - ottica geometrica e notazione matriciale, principali strumenti ottici. Laser: - l'idea laser e proprietà dei fasci emessi; - assorbimento, emissione spontanea ed emissione stimolata; - guadagno e inversione di popolazione; - risonatori ottici e schemi di pompaggio; - proprietà di una fascio laser in continua; - laser impulsati: Q-switching e mode-locking; - esempi di importanti sistemi laser: laser gas e laser a stato solido. Introduzione all'ottica quantistica: - fotoni e loro statistica; - buching e antibuching; - accoppiamento debole e forte: effetto Purcell e Rabi splitting.

Modalità di esame:

L'esame è scritto e comprende due esercizi e una domanda aperta.

Criteri di valutazione:
Verrà valutata la capacità di risolvere quantitativamente alcuni problemi di ottica e di funzionamento di un laser e la capacità di sviluppare criticamente un discorso su uno degli argomenti trattati a lezione.

Testi di riferimento:
O. Svelto, Principles of Lasers. : Plenum Press, 2010 M. Fox, Quantum Optics: an introduction.. : Oxford University Press, 2006 C. A. Bennett, Principles of Physical Optics.. : Wiley, 2008

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:
In alcuni casi durante le lezioni verranno proiettate delle slides powerpoint che verranno messe a disposizione degli studenti caricandole su piattaforma Moodle.

OPTICS OF MATERIALS

Titolare: Prof. MORENO MENEGHETTI

Periodo: II anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:
Conoscenze di base della propagazione delle onde elettromagnetiche e della quanto meccanica.

Conoscenze e abilità da acquisire:
Gli studenti acquisiranno i concetti fondamentali per comprendere i fenomeni conseguenti all'interazione tra la radiazione elettromagnetica, anche di grande intensità, come quella di laser a impulsi ultracorti, e materiali massivi e nanostrutturati.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:
Le lezioni sono frontali e stimoleranno un dialogo con gli studenti per evidenziare lo sviluppo dell'apprendimento.

Contenuti:
La suscettivita? ottica. Modelli per la descrizione della suscettivita? ottica lineare e non lineare dei materiali. Propagazione di onde elettromagnetiche in mezzi lineari e non lineari. Teoria quantomeccanica della suscettivita? ottica. Tecniche spettroscopiche per la misura delle proprieta? ottiche non lineari dei materiali. Descrizione delle proprieta? al secondo ordine di mezzi non lineari. Processi dipendenti dall'indice di rifrazione non lineare. Assorbimenti multifotonici. Scattering Raman e spettroscopia SERS di materiali nanostrutturati.

Modalità di esame:
L'esame sarà orale.

Criteri di valutazione:
Gli studenti dovranno dimostrare di sapere interpretare i fenomeni di base dell'interazione della radiazione elettromagnetica con i materiali.

Testi di riferimento:
Boyd R., Non linear optics. : Academic Press,

ORGANIC FUNCTIONAL MATERIALS

Titolare: Prof.ssa MIRIAM MBA BLAZQUEZ

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 40A+10E; 6,00

Prerequisiti:
Corsi di Chimica Organica della Laurea Triennale. In particolare: nomenclatura di molecole organiche, gruppi funzionali organici concetto di elettrofilo e nucleofilo concetto di acidità e basicità reazioni di addizione (alcheni) reazioni di sostituzione nucleofila (alogenuri, alcoli) reazioni di composti aromatici:sostituzione elettrofila aromatica nozioni basiche sui polimeri

Conoscenze e abilità da acquisire:
I materiali organici hanno una gran varietà di proprietà che dipendono della struttura molecolare. In questo corso studieremo la relazione proprietà-struttura dei materiali organici. Alla fine del corso lo studente 1) conoscerà le strutture delle molecole organiche più utilizzate nel campo della chimica dei materiali; 2) conoscerà le metodologie di sintesi principali per la loro preparazione e sarà in grado di pianificare una sintesi; 3) conoscerà le relazioni struttura-proprietà 4)conoscerà le tecniche per la caratterizzazione di materiali organici 5) avrà appreso quali sono le interazioni intermolecolari presenti nei materiali 6) avrà conosciuto e compreso le applicazioni più recenti di tali molecole e il funzionamento dei diversi dispositivi

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:
Il corso prevede lezioni frontali ed esercitazioni in aula. Le lezioni saranno svolte utilizzando la lavagna e attraverso l'impiego di slides per la schematizzazione dei contenuti e la discussione dei concetti che richiedono la rappresentazione di strutture molecolari complesse. Saranno inoltre svolti esercizi in aula con correzione alla lavagna. Gli esercizi includono la lettura critica e la discussione in aula di letteratura scientifica, gli studenti saranno divisi in gruppi per studiare i diversi casi.

Contenuti:
1. Nanostrutture di carbonio. Sintesi, proprietà, caratterizzazione e applicazioni di fullereni, nanotubi di carbonio e grafene 2. Polimeri organici semiconduttori: sintesi, proprietà, struttura elettronica, generazione e trasporto di carica, controllo del bandgap 3. Piccole Molecole organiche per la elettronica organica 4. Diodi organici emettitori di luce (OLEDs), celle solari organiche (OSC), transistori organici a efetto di campo (OFETs) 5. Materiali

supramolecolari

Modalità di esame:
La verifica delle conoscenze e delle abilità acquisite viene effettuata tramite esame scritto che prevede cinque domande aperte.

Criteri di valutazione:
I criteri di valutazione sono: rigore scientifico delle risposte l'acquisizione dei contenuti e la capacità di elaborarli e utilizzarli per interpretare problemi nuovi. Capacità di proporre strategie sintetiche per molecole d'interesse per la scienza dei materiali. Utilizzo corretto della terminologia

Testi di riferimento:
Mueller, Thomas, Functional Organic Materials - Syntheses, Strategies and Applications. : , 2007

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:
Saranno fornite agli studenti dispense e rassegne di letteratura sugli argomenti trattati. Inoltre, per ogni argomento diversi testi a disposizione nella biblioteca del dipartimento saranno proposti.

PHYSICS AND TECHNOLOGY OF SEMICONDUCTORS

Titolare: Prof. DAVIDE DE SALVADOR

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

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

Prerequisiti:
Prerequisiti matematici: Funzioni continue. Derivate. Teoremi fondamentali del calcolo differenziale. Massimi e minimi relativi e assoluti. Funzioni trigonometriche esponenziali e logaritmiche. Studio di una funzione. Integrali definiti. Volumi di solidi di rotazione. Serie di Taylor e di Maclaurin. Numeri complessi. Esponenziale in campo complesso. Equazioni differenziali. Equazioni differenziali lineari del primo ordine e del secondo ordine. Funzioni di più variabili. Limiti. Derivate parziali. Massimi e minimi relativi. Punti di sella. Integrali doppi in coordinate polari. Volumi di solidi. Integrali tripli.Calcolo differenziale vettoriale: flusso di un campo vettoriale attraverso una superficie. Divergenza di un campo e teorema della divergenza. Prerequisiti Fisica di Base Legge di Coulomb. Campo elettrostatico. Potenziale elettrostatico. Legge di Gauss. Equazioni di Poisson e Laplace. Capacità; condensatore ideale.Dielettrici. Costante dielettrica. Correnti elettriche e densità di corrente. Conservazione della carica. Legge di Ohm. Effetto Joule. Campo magnetico; forza di Lorentz. Prerequisiti Fisica Quantistica: I quanti di luce e l'effetto foto-elettrico .Pacchetti d'onda . Il principio di indeterminazione di Heisenberg . Equazione di Shroedinger particella in una scatola. Oscillatore armonico quantistico. Valori di aspettazione . Osservabili e operatori . Incertezza quantistica e proprieta' degli autovalori. Effetto tunnel barriera quadrata. Penetrazione della barriera . Particella in una scatola tridimensionale. Atomo di idrogeno e atomi idrogenoidi: stato fondamentale e stati eccitati.Tavola periodica. Distribuzione di Maxwell–Boltzmann e densita' degli stati. Equipartizione dell'energia. Statistiche quantistiche: distribuzioni di Bose–Einstein e di Fermi–Dirac Prerequisiti Fisica dello stato Solido La struttura cristallina dei solidi: il reticolo diretto e il reticolo reciproco. I fononi. La conducibilita' elettrica dei metalli nel modello di Drude. Il teorema di Bloch

Conoscenze e abilità da acquisire:
Conoscenze: principi fisici alla base del comportamento dei materiali semiconduttori. L'obbiettivo del corso è fornire i concetti di base che permettano allo studente di comprendere il principio di funzionamento di semplici dispositivo a semiconduttore. Dopo una prima parte in cui vengono introdotti i principi fisici, verranno descritti i principali dispositivi e alcuni processi fisici che servono a fabbricarli. Lo studente alla fine del corso dovrebbe avere l'abilità di prevedere quale struttura a bande assume un sistema che contenga metalli, isolanti e semiconduttori drogati e di comprendere la spiegazione di come tale struttura si comporta in presenza di sollecitazioni esterne (campi, illuminazione....).

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:
Lezione frontale con esposizione delle teorie di base e dei principi di funzionamento dei dispositivi. Esempi di approfondimento che permettano di applicare le teorie esposte e di quantificare gli ordini di grandezza dei parametri fisici coinvolti. Richiamo alle attività di laboratorio parallelamente svolte nel corso di metodi fisici di caratterizzazione dei materiali e loro connessione con la teoria.

Contenuti:
Richiamo della struttura cristallina dei principali semiconduttori. Semiconduttori elementari, composti e leghe. Richiamo di concetti di base (teorema di Bloch, massa efficace, concetto di buca). Origine e specificità della struttura a bande dei semiconduttori. Le bande reali (esempi GaAs,Si,Ge,AlGaAs). Il metodo della funzione inviluppo per il calcolo degli stati quantistici provenienti da potenziali aperiodici. Il meccanismo di drogaggio. I portatori in un semiconduttore omogeneo in funzione di drogaggio e temperatura (semic. non degenere, intrinseco, ionizzato, non ionizzato, in saturazione, alto drogaggio).Livelli trappola.La compensazione da livello profondo. Il semiconduttore non omogeneo all'equilibrio. Il caso della giunzione p-n. Trasporto di carica nei semiconduttori. Equazione di drift-diffusione. Fenomeni di scattering intrabanda e mobilità in un semiconduttore. I meccanismi di generazione e ricombinazione in un semiconduttore. L'equazione di continuità. Il caso della giunzione p-n fuori equilibrio: polarizzazione e illuminazione. Le eterogiunzioni le giunzioni metallo/semiconduttore, metallo/ossido/semiconduttore. Il confinamento quantistico nei semiconduttori, quantum well, quantum wire, quantum dot. LED, LED basati su GAN, fotodetector. Le architetture dei laser a stato solido, l'effetto del confinamento quantistico sulle performance di un laser. Celle fotovoltaiche. Diverse architetture e materiali per il fotovoltaico. Efficienza. Meccanismi di perdita di efficienza. Celle a film sottile. Tecnologie produttive.Transistor bipolare e FET. Struttura MOS. Tecniche per il drogaggio. Impianto ionico. Diffusione e difetti. Isolanti, ossidazione termica. Legge di Moore e riscalamento. Problematiche e nuovi materiali.

Modalità di esame:
Esame orale. Durante il semestre sarà possibile (a discrezione dello studente) sostenere una verifica intermedia orale sulla prima parte del corso riguardante i principi fisici e sostenere alla fine una seconda parte riguardante i dispositivi e i processi.

Criteri di valutazione:
Verranno valutate: -le capacità di esporre una o più delle teorie di base che spiegano il comportamento fisico dei semiconduttori. - la comprensione del principio di funzionamento di uno o più dispositivi a semiconduttore spiegati nel corso. - la capacità di comprendere la struttura a bande e il comportamento elettrico di una struttura contente semiconduttori drogati, metalli e isolanti.

Testi di riferimento:
Singh, Electronic and Optoelectronic Properties of Semiconductor Structures. : Cambridge, Sapoval, Physics of semiconductors. : Springer Verlag, Sze, Simon Min, Semiconductor devicesphysics and technologyS. M. Sze. New York: J. Wiley & sons, 0

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:

Saranno forniti i lucidi del corso

PHYSICS OF DISORDERED MATERIALS

Titolare: Prof. GIULIO MONACO

Periodo: I anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:
Nozioni di meccanica quantistica e struttura della materia.

Conoscenze e abilità da acquisire:
Questa serie di lezioni intende fornire allo studente un'introduzione alla fisica dei materiali disordinati, che rappresentano la maggior parte della materia che ci circonda e che includono, a titolo di esempio, liquidi, vetri, polimeri e sospensioni colloidali. Questo argomento riceve scarsa attenzione nei testi tradizionali di fisica dello stato solido dal momento che i materiali disordinati sono difficili da descrivere perché non presentano periodicità traslazionale su scala atomica. Una conseguenza immediata è, ad esempio, che non si può parlare di reticolo reciproco. Presenterò qui le idee più importanti necessarie a capire la struttura e la dinamica di questi materiali, e le principali tecniche sperimentali usate per caratterizzarli. Il nostro livello di comprensione dell'argomento è oggi sufficientemente maturo da consentire l'ingegnerizzazione di materiali per applicazioni molto specifiche, come nel caso dei famosi vetri 'Gorilla' utilizzati nei nostri telefonini o nel caso dei materiali a transizione di fase utilizzati come memorie non volatili e tra i candidati più promettenti per fronteggiare i problemi posti dalla crescita esponenziale di dati a livello globale. Alla fine del corso lo studente avrà un quadro d'insieme del settore e sarà in grado di leggere lavori specialistici che trattano di materiali disordinati.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:
Lezioni alla lavagna con l'aggiunta di presentazioni su schermo. Distribuzione delle slides.

Contenuti:
Ordine ed disordine. Varietà di disordine. Materiali disordinati strutturalmente. Catene di Fibonacci. Quasi-cristalli. Struttura. Poliedri di Voronoi. Funzioni di distribuzione. Modelli di ordine chimico a corto raggio. Frattali. Diffusione di raggi X, neutroni ed elettroni. Esperimenti rappresentativi. Modelli di sfera dura e Lennard-Jones. Vetri simulati. Liquidi semplici. Potenziali intermolecolari. Proprietà termodinamiche e funzione di distribuzione di coppia. La funzione di distribuzione di coppia a partire dal potenziale intermolecolare. L'equazione Percus-Yevick. Metalli liquidi. Caratteristiche principali dei metalli liquidi. Leghe metalliche. Proprietà termodinamiche, di trasporto elettronico ed ottiche. Dinamica. Moto termico. Funzione di correlazione di densità. Diffusione di neutroni e raggi X. Esperimenti rappresentativi. Approcci teorici: fluidi e solidi. Diffusione e fluttuazioni. Metodi omodina ed eterodina. Diffusione di particelle. Soluzioni molto diluite. Percolazione e localizzazione. Introduzione alla percolazione. Il gioco del ‘go’. Introduzione alla localizzazione. Vetri. La transizione vetrosa. La struttura dei vetri ossidi. Proprietà di basa temperatura. Vincoli e stabilità. Come progettare un vetro: la storia vera dei vetri 'Gorilla'. I vetri metallici e le loro peculiari proprietà. Applicazioni di vetri metallici. Materiali a transizione di fase (PCMs). Ragioni per la velocità di transizione tra stati cristallini e vetrosi. Applicazioni negli anni 80: compact discs, Blue-ray discs. Sfide attuali nell'ingegnerizzazione dei PCMs. Memorie ad accesso casuale a base di PCMs. Memorie universali. Sinapsi a transizione di fase per calcolo neuro-ispirato.

Modalità di esame:
Esame orale e seminario su un argomento del corso scelto insieme allo studente.

Criteri di valutazione:
Capacità di presentare gli elementi fondamentali del programma. Capacità di leggere e spiegare un articolo specialistico su argomenti trattati nel corso.

Testi di riferimento:
Berne, Bruce J; Pecora, Robert, Dynamic light scattering: with applications to chemistry, biology, and physics. : Dover, 2000

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:
Berne-Pecora: Dynamic light scattering. Elliott: The physics of amorphous materials. Hansen-McDonald: Theory of simple liquids. Materiale distribuito a lezione.

STRUTTURA E DINAMICA DELLE SUPERFICI

Titolare: Prof. MAURO SAMBI

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 40A+10E; 6,00

Prerequisiti:
Corsi della Laurea in Scienza dei Materiali, con particolare riferimento ai contenuti dei corsi di Fisica 2, Chimica Fisica 2, Chimica Inorganica e dello Stato Solido, Struttura dei Solidi, Fisica dello Stato Solido.

Conoscenze e abilità da acquisire:
Il corso fornisce le basi per una comprensione del ruolo delle superfici nel determinare le proprietà dei materiali e delle nanostrutture, con particolare riferimento alla produzione di aggregati funzionali supportati su superfici inorganiche. Saranno introdotte le necessarie nozioni di chimica e struttura delle superfici e verranno considerati i fattori termodinamici e cinetici che possono favorire od ostacolare l’auto-organizzazione atomica e molecolare di superficie. Si considereranno quindi le principali classi di strutture bidimensionali self-assembled supportate, i relativi metodi di preparazione e le principali tecniche di caratterizzazione morfologica, strutturale, elettronica e funzionale degli aggregati. Verranno approfondite le tecniche di caratterizzazione strutturale di superficie che fanno uso di luce di sincrotrone.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:
Didattica frontale, esercitazioni in aula, visita didattica al sincrotrone Elettra (Trieste).

Contenuti:

Introduzione alla chimica delle superfici, necessità dell'ultra-alto vuoto. Energia libera di superficie (gamma), tensione superficiale. Modalità di crescita epitassiale. Cristalli: reticoli di Bravais, celle unitarie, indici di Miller. Anisotropia di gamma nei solidi cristallini. Metodo di Wulff per la determinazione della forma di equilibrio dei cristalli. Minimizzazione di gamma: rilassamento, ricostruzione, faceting. Superfici terminate bulk di elementi e composti: dipolo superficiale e autocompensazione. Superfici vicinali. Superstrutture: notazione di Wood e notazione matriciale. Strutture semplici, di coincidenza, incommensurate. Pattern di Moiré. STM - principi e modalità di utilizzo: misure ad altezza e a corrente costante. Determinazione della funzione lavoro locale, spettroscopia di tunneling a scansione (STS). Current Imaging Tunneling Spectroscopy (CITS). Tecniche di nanomanipolazione. STM in soluzione ed elettrochimico. AFM. Esercitazioni sul software WSXM e/o su misure STM in remoto. Cinetica di superficie: eventi microscopici di diffusione. Teoria della nucleazione di campo medio. Crescita dendritica alle basse temperature. Crescita frattale, crescita a isole compatte. Limite termodinamico di Wulff. Riduzione della dispersione dimensionale con Ostwald ripening. Crescita su substrati anisotropi: step decoration di superfici vicinali. Quantum wires su superfici fcc(110), quantum dots su ricostruzioni. Quantum dots su network di dislocazioni. Strati templanti di ossidi per la crescita di nanocluster metallici. Superreticoli 3D di quantum dots di semiconduttori. Diffrazione di elettroni a bassa energia (LEED). Approccio cinematico. Dall'immagine LEED alla periodicità nello spazio reale – conversione delle matrici. Presenza di domini. Esercitazioni col software LEEDpat. Diffrazione di elettroni ad alta energia a incidenza radente (RHEED). Fisisorbimento e chemisorbimento. Trattazione pseudo-omogenea: isoterme. Isoterma di Langmuir per il chemisorbimento non dissociativo, dissociativo, competitivo. Isoterme BET, di Temkin, BLK, Freundlich, Fowler-Guggenheim, Hill-De Boer. Desorbimento: equazione di Polanyi-Wigner. Desorbimento termico programmato (TPD). Interpretazione degli spettri TPD. Introduzione al self-assembly organico. Metodi di deposizione. Interazioni overlayer-substrato e inter-overlayer. Interazione O-S forte. Interazioni di VdW overlayer-substrato. Network supramolecolari vs covalenti. Strutture supramolecolaria ponti a idrogeno. Networks nanoporosi e basati sulla coordinazione di metalli. On-surface synthesis. Luce di sincrotrone. Produzione: LINAC, booster, anello di accumulazione. Parametri caratterizzanti della sorgente. Brillanza spettrale. Proprietà della radiazione da magnete curvante: ampiezza spettrale, collimazione. Proprietà della radiazione da insertion device: ondulatori e wiggler. Dall'anello di accumulazione alla camera sperimentale - la beamline: specchi e monocromatori. Fotoemissione ed emissione Auger. Analisi qualitative e quantitative. Il Chemical Shift. ARXPS. Applicazioni della luce di sincrotrone. Alta risoluzione energetica, temporale e spaziale (spettromicroscopia fotoelettronica). Variabilità dell'energia del fotone. Dipendenza delle sezioni d'urto di fotoemissione dall'energia del fotone. Uso dei minimi di Cooper. Diffrazione fotoelettronica angle scanned e energy scanned. Chemical shift photoelectron diffraction. Olografia fotoelettronica. Cenni sull'assorbimento di raggi X: modalità di esecuzione dell'esperimento – assorbimento, fluorescenza, elettroni secondari. Cenni sull'assorbimento di raggi X: XANES, EXAFS, NEXAFS. Cenni al dicroismo magnetico lineare e circolare di raggi X.

Modalità di esame:
Prova orale della durata di 30-40 min, consistente nella discussione di tre argomenti. Il primo è scelto dallo studente, gli altri due vengono proposti dai docenti.

Criteri di valutazione:
Criteri di valutazione della prova orale sono la capacità di esposizione di un argomento a scelta, il rigore quantitativo nelle dimostrazioni, il grado di approfondimento degli argomenti, la capacità di istituire nessi tra argomenti diversi trattati nel corso.

Testi di riferimento:
G. Somorjai, Y. Li, Introduction to Surface Chemistry & Catalysis. : John Wiley & Sons, 2010 K. Kolasinski, Surface Science. : John Wiley & Sons, 2012

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:
Appunti e presentazioni powerpoint di lezione, articoli e review indicati dal docente. http://www.chimica.unipd.it/mauro.sambi/pubblica/didattica.html

SUPERCONDUCTING MATERIALS

Titolare: Dott. CRISTIAN PIRA

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 48A; 6,00

Prerequisiti:
Fisica dello Stato Solido

Conoscenze e abilità da acquisire:
Alla fine del corso, lo studente: 1. Conoscerà la fenomenologia dei materiali superconduttori in DC e RF e le principali teorie che la governano. 2. Conoscerà diverse tecniche di sintesi di materiali superconduttori 3. Conoscerà i diversi campi di applicazione dei materiali superconduttori 4. Sarà in grado di discriminare, a seconda dell'applicazione, le caratteristiche richieste al materiale superconduttore.

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:
Lezioni frontali dove su supporto informatico (file powerpoint) vengono affrontati i contenuti del corso.

Contenuti:
Il Corso è suddiviso in due parti principali. Una prima parte che attraverso un approccio fenomenologico si presenta le principali proprietà dei superconduttori e le tre principali teorie che ne descrivono il comportamento. Una seconda parte invece focalizzata sulle caratteristiche dei diversi materiali superconduttori e le loro applicazioni, con particolare attenzione agli acceleratori di particelle. Altre applicazioni dei superconduttori verranno presentate da esperti internazionali (se possibile) e dagli studenti stessi, che prepareranno ciascuno (o in gruppo) un piccolo seminario specifico. DETTAGLIO DEL CORSO: Introduzione alla criogenia (storia della liquefazione dell'elio, diagramma di fase dell'elio, conduzione termica nei solidi, thermal shielding, tecniche di refrigerazione criogeniche), proprietà fondamentali dei superconduttori (storia della scoperta della superconduttività, resistenza nulla, conduttori ideali e superconduttori. Effetto Meissner, superconduttori di tipo I e tipo II, Vortici nei SC, quantizzazione del flusso, effetto isotopico, approccio termodinamico alla SC, pinning, effetto Josephson), fondamenti delle principali teorie fenomenologiche e microscopiche (teoria di London, teoria di Ginzburg Landau, teroria BCS), materiali superconduttori (superconduttori BCS: elementi e leghe, composti organici, superconduttori alta Tc), materiali superconduttori commerciali (NbTi, Nb3Sn, MgB2, REBCO, produzione e caratteristiche), introduzione alla tecnologia degli acceleratori (magneti superconduttori, cavità acceleratrici), basi di superconduttività in radiofrequenza (resistenza superficiale nei SC, contributi alla resistenza residua, superheating critical field, limiti alle performance delle cavità SRF: multipacting, thermal breakdown, field emission, Q-diseas e possibili soluzioni), materiali per SRF: Nb bulk e film sotttili, applicazioni della superconduttività (seminari di esperti internazionali + presentazioni degli studenti).

Modalità di esame:
La verifica delle conoscenze e delle abilità attese viene effettuata con una prova di esame orale, della durata di circa mezz'ora, nella quale verranno poste domande aperte che verteranno su tutti gli argomenti svolti nel corso.

Criteri di valutazione:
La valutazione della preparazione dello studente si baserà sulla comprensione degli argomenti svolti, sull'acquisizione dei concetti e delle metodologie

proposte e sulla capacità di applicarli in modo autonomo. Inoltre verranno tenuti in considerazione rigore scientifico delle risposte e uso corretto della terminologia scientifica.

Testi di riferimento:
• R. Kleiner, W. Buckel,, Superconductivity: An Introduction. : Wiley,, 2015 • K. Fossheim, A. Sudbø, Superconductivity: Physics and Applications. : Wiley, 2014

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:
Tutto il materiale didattico presentato durante le lezioni frontali è reso disponibile online sul Moodle dell'Università di Padova.

SUSTAINABLE ENERGY: MATERIALS AND TECHNOLOGIES

Titolare: Prof.ssa LAURA CALVILLO LAMANA

Periodo: I anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Corsi comuni

Tipologie didattiche: 24A+36L; 6,00

Prerequisiti:
Concetti di Termodinamica e Cinetica Chimica Concetti base di Elettrochimica

Conoscenze e abilità da acquisire:
- Energia e Sostenibilità - Efficienza energetica - Economia dei materiali - Sorgenti di energia alternative - Economia del idrogeno - Produzione e immagazzinamento dell'idrogeno - Conversione e immagazzinamento dell'energia: celle a combustibile, batterie e capacitori - Uso dell'energia solare: fotovoltaico e fotocatalisi

Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:
Lezioni di aula con presentazioni Powerpoint (24 ore) Esercitazioni di Laboratorio (36 ore)

Contenuti:
LEZIONI DI AULA: - Energia e sostenibilità - Fonti di energia primarie e secondarie. - Concetti di energy flow e exergia - Economia dei materiali. - Economia del idrogeno - Produzione di idrogeno: Reforming di metano ed elettrolisi dell'acqua - Immagazzinamento di idrogeno - Conversione dell'energia: Celle a combustibile - Immagazzinamento dell'energia elettrochimica: Batterie e capacitori - Energia solare: Fotovoltaico - Energia solare: Fotocatalisi, water splitting e fotosintesi artificiale LABORATORIO (3 esperienze): - Produzione di idrogeno per via (foto)elettrocatalitica con catalizzatori a base di materiali 2D - Celle a combustibili: reazioni di ossidazione dell'etanolo e riduzione dell'ossigeno su Pt-Sn/C - Celle fotovoltaiche

Modalità di esame:
Esame orale + relazioni di laboratorio

Criteri di valutazione:
Esame orale: 1) capacità e prontezza di inquadramento degli argomenti in discussione; 2) capacità di sviluppare gli argomenti in discussione in modo autonomo; 3) livello di dettaglio raggiunto nell'illustrazione degli argomenti in discussione. Relazioni di laboratorio: 1) uso appropriato del linguaggio, di concetti teorici e modelli; 2) approfondimento degli argomenti affrontati nelle esperienze di laboratorio.

Testi di riferimento:
Cahen, David; Ginley, David S., Fundamentals of materials for energy and environmental sustainability. : Cambridge University Press, 2012

Eventuali indicazioni sui materiali di studio:
Presentazioni delle lezioni, dispense di laboratorio, materiale su moodle e libro di testo

Curriculum: Material Science

ENGLISH LANGUAGE B2 (PRODUCTIVE SKILLS)

Titolare: Prof.ssa ANTONELLA GLISENTI

Periodo: II anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Material Science

Tipologie didattiche: ; 3,00

FINALE EXAM

Titolare: da definire

Periodo: II anno, annuale

Indirizzo formativo: Material Science

Tipologie didattiche: ; 40,00

Curriculum: Scienza dei Materiali

PROVA FINALE

Titolare: da definire

Periodo: II anno, 2 semestre

Indirizzo formativo: Scienza dei Materiali

Tipologie didattiche: ; 38,00

TIROCINIO FORMATIVO

Titolare: Prof.ssa ANTONELLA GLISENTI

Periodo: II anno, 1 semestre

Indirizzo formativo: Scienza dei Materiali

Tipologie didattiche: ; 2,00