

DIDATTICA 2012/2013

Dottorato di Ricerca in MATEMATICA PER L'INGEGNERIA, ELETTROMAGNETISMO E NANOSCIENZE (Mathematics for Engineering, Electromagnetics and Nanosciences)

Curriculum in **SCIENZA DEI MATERIALI**

Totale di 160 ore nel primo anno: corsi con lezioni frontali (8 ore/credito formativo universitario, CFU); corsi con laboratorio (10 ore/CFU); scuola o conferenza di alta qualificazione internazionale

La **scuola** o conferenza di alta qualificazione internazionale è obbligatoria e dovrà normalmente corrispondere a circa metà del carico didattico complessivo.

Corsi da scegliere fra:

- (i) corsi specifici per il dottorato;
- (ii) corsi presso corsi di laurea magistrale a scelta;

Dei corsi, previo accordo con il docente, può essere seguito anche un modulo parziale, purché auto-consistente.

Esami da sostenere entro fine settembre, con votazione $\geq 27/30$.

Lista corsi specifici per il dottorato:

- M. Capone, Dottorato “Scuola Volterra”, Sapienza: “**Sistemi Elettronici Fortemente Correlati e Superconduttività ad Alta Temperatura**”, 24 ore (3 CFU)
- F. Decker, “**Celle fotovoltaiche a base di Si, composti inorganici, organici e ibridi**”, 16 ore (2 CFU)
- S. Lupi: “**Proprietà ottiche di sistemi a forte correlazione elettronica**”, 32 ore (4 CFU)
- C. Mariani e G. Stefani (Roma Tre), Dottorato “Scuola Volterra”: “**Metodi sperimentali per la determinazione di struttura e proprietà elettroniche di sistemi aggregati di bassa dimensionalità**”, modulo obbligatorio di 32 ore (4 CFU), + moduli a scelta fra 5 disponibili di 8 ore ciascuno (1 CFU)

Lista corsi magistrali utili:

I semestre

- R. Caminiti (Corso di Laurea Magistrale in Chimica Industriale), “**Chimica Fisica III con Laboratorio**”, 90 ore (9 CFU), I semestre
- M. Grilli (Corso di Laurea Magistrale in Fisica), “**Superconduttività e superfluidità**”, 48 ore (6 CFU), I semestre
- C. Mariani (Corso di Laurea Magistrale in Fisica), “**Fisica delle superfici e delle nanostrutture**”, 48 ore (6 CFU), I semestre
- S. Panero (Corso di Laurea Magistrale in Chimica Industriale), “**Sistemi di produzione ed accumulo dell'energia**”, 48 ore (6 CFU), I semestre

II semestre

- C. Castellani (Corso di Laurea Magistrale in Fisica), “**Fisica dei sistemi a molti corpi**”, 48 ore (6 CFU), II semestre
- L. Galantini (Corso di Laurea Magistrale in Chimica ed in Chimica Industriale), “**Tecniche per lo studio dei sistemi dispersi**”, 48 ore (6 CFU), II semestre
- C. Mariani (Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle nanotecnologie) “**Tecnologie di fabbricazione di nanostrutture e processi di autoassemblaggio**”, 48 ore (6 CFU), II semestre
- A. Martinelli (Corso di Laurea Magistrale in Chimica Industriale), “**Laboratorio di Macromolecole**”, 90 ore (9 CFU), II semestre
- M. Rossi (Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle nanotecnologie), “**Microscopie e tecniche di nanocaratterizzazione**”, 90 ore (9 CFU), II semestre

- M.V. Russo (Corso di Laurea Magistrale in Chimica Analitica), “**Chimica dei materiali polimerici**”, 48 ore (6 CFU), II semestre

Informazione e programmi dei corsi

Corsi specifici per il dottorato

- **M. Capone**, Dottorato “Scuola Volterra”, Sapienza: “**Sistemi Elettronici Fortemente Correlati e Superconduttività ad Alta Temperatura**”, 24 ore (3 CFU)

http://www.phys.uniroma1.it/DipWeb/dottorato/DOTT_FISICA/MENU/02CORSI/Corsi2011_2012/Ciclo27/Capone.htm

- **F. Decker**, “**Celle fotovoltaiche a base di Si, composti inorganici, organici e ibridi**”, 16 ore (2 CFU)

Il corso prevede una introduzione alla conversione di energia solare con celle fotovoltaiche. Sono descritte sia le celle a base di Si cristallino, sia quelle a film sottile (di materiale inorganico oppure organico) sia le celle a colorante dette DSC, Dye-Sensitized-Cells, che sono dispositivi ibridi sotto forma di film sottili depositati su vetro conduttore. La presenza di assorbitori di luce molecolari (“dye” o colorante), adsorbiti su ossidi semiconduttori nanostrutturati, caratterizza le DSC. Il corso è focalizzato sui diversi materiali utilizzati nei vari casi, e sui principi di funzionamento che contraddistinguono ogni dispositivo. Nel corso sono anche descritti i recenti progressi delle celle fotovoltaiche in termini di efficienza di conversione, affidabilità e durata di funzionamento, che hanno portato alla loro grande diffusione sul mercato europeo.

- **S. Lupi**: “**Proprietà ottiche di sistemi a forte correlazione elettronica**”, 32 ore (4 CFU)

- 1) Introduzione ai sistemi elettronici esotici: Superconduttività, Forte correlazione elettronica, Sistemi Charge e Spin density wave.
- 2) Proprietà ottiche microscopiche e macroscopiche all’equilibrio. Funzione di correlazioni corrente/corrente e conducibilità ottica.
- 3) Proprietà elettrodinamiche dei superconduttori.
- 4) Proprietà elettrodinamiche di sistemi a forte correlazione elettronica. Rinormalizzazione delle proprietà di banda.
- 5) Proprietà ottiche dei sistemi density wave: eccitazioni collettive e di singola particella.

6) Estensione al fuori equilibrio. Esempio: misure pump-probe e studio della dinamica di riformazione delle coppie di Cooper in funzione del tempo.

- **C. Mariani e G. Stefani** (Roma Tre), Dottorato “Scuola Volterra”: “**Metodi sperimentali per la determinazione di struttura e proprietà elettroniche di sistemi aggregati di bassa dimensionalità**”, modulo obbligatorio di 32 ore (4 CFU), + moduli a scelta fra 5 disponibili di 8 ore ciascuno (1 CFU) per un totale (modulo obbl.+scelta) di almeno 6 CFU

http://www.phys.uniroma1.it/DipWeb/dottorato/DOTT_FISICA/MENU/02CORSI/Corsi2011_2012/Ciclo27/Mariani_Stefani.htm

Basic Modules (32 hours): C. Mariani (Roma La Sapienza) and G. Stefani (Roma Tre)

Basic Theory and Experimental-Instrumental methods - Electron-matter and Electromagn.-matter interaction – Photoelectron Spectroscopy, Time and angular-resolved photoemission – Auger electron spectroscopy – Photoelectron diffraction - Time- and spin-resolved spectroscopy – Low-D Systems and Nanostructures – Multiple-Scattering - Introduction to Synchrotron Radiation and to the new Free-Electron Laser (FEL) sources

Specialistic Modules (8 hours each module):

M.A. Ricci (Roma Tre): Neutron spectroscopy, small-angle scattering, principles and applications

A. Polimeni (Roma La Sapienza): low-D systems, semiconductor quantum dots and heterostructure

P. Postorino (Roma La Sapienza): Raman on low-D structures, optical techniques at very high pressures

S. Lagomarsino (CNR): X-rays, use of their coherence, imaging and applications

S. Mobilio (Roma Tre): X-ray scattering, absorption spectroscopy, application to nanostructures

Corsi di laurea magistrali

I semestre

- **R. Caminiti** (Corso di Laurea Magistrale in Chimica Industriale), “**Chimica Fisica III con Laboratorio**”, 90 ore (9 CFU), I semestre

...

- **M. Grilli** (Corso di Laurea Magistrale in Fisica), “**Superconduttività e superfluidità**”, 48 ore (6 CFU), I semestre

http://www.phys.uniroma1.it/DipWeb/didattica/ccl/2012-13/ECTSmagistrale/Superconduttivita_Superflu1213.pdf

Fenomenologia dei superconduttori: resistenza nulla, gap nello spettro di eccitazioni, effetto Meissner. Equazione di London. Proprietà dei superconduttori del I e II tipo.

Forze attrattive tra elettroni. Instabilità dello stato normale e coppia di Cooper. Teoria BCS a $T=0$: funzione d'onda di prova, energia dello stato fondamentale, equazione di selfconsistenza. Spettro di eccitazioni. Teoria BCS a $T>0$. Temperatura critica. Calore specifico. Equazioni di Bogolubov. Invarianza di Gauge. Superconduttori con debole disordine: teorema di Anderson.

Equazioni di Ginzburg-Landau: lunghezza di coerenza e lunghezza di penetrazione dipendenti dalla temperatura. Effetto Meissner e quantizzazione del flusso magnetico. Effetto Josephson.

Superfluidità: fenomenologia e diagramma di fase per He4. Criterio di Landau. Condensazione di Bose e sistemi di bosoni interagenti. Funzione d'onda di Feynman. Spettro di Bogolubov. Vortici.

Phenomenology of superconductivity: zero resistance, gap, Meissner effect. London equation. Properties of superconductors of 1st and 2nd kind.

Attractive forces between electrons. Cooper pairs. BCS theory at $T=0$: variational calculation of the ground-state energy, self-consistency equation. Excitation spectrum. BCS theory at $T>0$. Critical temperature. Specific heat behavior. Bogolubov equations. Gauge invariance. Weakly disordered superconductors: Anderson's theorem.

Ginzburg-Landau equations: coherence and penetration lengths. Meissner effect and flux quantization. Josephson effect.

Superfluidity: phenomenology and phase diagram of He4. Landau criterium. Bose condensation and interacting Bose systems. Feynman wavefunction. Bogolubov spectrum.

Vortices.

- **C. Mariani** (Corso di Laurea Magistrale in Fisica), “**Fisica delle superfici e delle nanostrutture**”, 48 ore (6 CFU), I semestre

http://server2.phys.uniroma1.it/gr/lotus/Mariani_carlo/didattica/Superfici_e_Nanostrutture_Mariani.htm

Introduzione: dalle superfici alle nuove architetture atomiche e molecolari - Sistemi bidimensionali (2D) e monodimensionali (1D) a confronto con i sistemi 3D - Struttura cristallina dei sistemi 3D e nei cristalli 2D (sistemi bidimensionali esemplari) – Simmetrie ed operazioni di simmetria - Termodinamica di sistemi di superficie - Processi di rilassamento, ricostruzione e transizioni di fase nella formazione di una superficie - Metodi di indagine strutturali in sistemi a bassa dimensione (AFM, STM, LEED, GIXD) - Gas di elettroni liberi in 1D e 2D - Struttura elettronica e densità degli stati in sistemi 1D e 2D (studio di sistemi esemplari) - Eccitazioni elementari in sistemi 2D (fononi e plasmoni etc.) – Nanostrutture magnetiche, la magnetoresistenza gigante - Metodi spettroscopici per lo studio delle nanostrutture (fotoemissione risolta in angolo, ...) - Proprietà elettroniche di sistemi a bassa dimensione - Formazione di interfacce, eterostrutture, e nanostrutture: sistemi autoassemblati, sistemi ordinati su superfici nanostrutturate, il grafene (proprietà elettroniche, strutturali, crescita del grafene, modifica delle proprietà intrinseche del grafene, drogaggio, ...).

Testi di riferimento

dispense del corso sul sito

A. Zangwill, *Physics at Surfaces*, Cambridge Univ. Press

F. Bechstedt, *Principles of Surface Physics*, Springer

H. Lüth, *Solid surfaces, interfaces and thin films*, Springer

F. Bassani, G. Pastori-Parravicini, *Electronic States and Optical Transitions in Solids*, Pergamon Press

- **S. Panero** (Corso di Laurea Magistrale in Chimica Industriale), “**Sistemi di produzione ed accumulo dell'energia**”, 48 ore (6 CFU), I semestre

<http://www.chem.uniroma1.it/didattica/chimica-industriale/insegnamenti/sistemi-di-produzione-ed-accumulo-dell-energia>

II semestre

- **C. Castellani** (Corso di Laurea Magistrale in Fisica), “**Fisica dei sistemi a molti corpi**”, 48 ore (6 CFU), II semestre

http://www.phys.uniroma1.it/DipWeb/didattica/ccl/2012-13/ECTSmagistrale/Fisica_dei_Sist_aMolti_Corpi1213.pdf

Seconda quantizzazione. Spazio di Fock. Operatori di creazione e distruzione ed operatori di campo. Operatori in seconda quantizzazione.

(Fetter e Walecka, Cap.1:1-2).

Teoria di Landau dei liquidi normali di Fermi. Introduzione del concetto di quasi-particella. Energia come funzionale della funzione di distribuzione di quasi-particella.

Proprietà di equilibrio delle quasi-particelle: massa efficace, calore specifico, compressibilità, suscettività di spin. Stabilità dello stato fondamentale.

Correnti associate alle quasi-particelle. Equazioni cinetiche: modi collettivi e suono zero.

(Nozieres, Cap.1; Baym e Pethick, Cap.1:1.1,1.2.1,1.2.2,1.2.3,1.3.1, (a) e (b))

Funzioni di Green e tecniche perturbative. Funzioni di Green a singola particella a $T=0$.

Rappresentazione spettrale e significato dei poli. Equazioni del moto.

Rappresentazione di interazione. Matrice S. Teorema di Wick e diagrammi di Feynman. Regole diagrammatiche per diversi tipi di interazione. Selfenergia ed equazione di Dyson. Approssimazione di Hartree-Fock, approssimazione RPA.

Funzioni di Green di Matsubara. Tecniche perturbative e potenziale termodinamico.

Identificazione dei parametri fenomenologici della teoria di Landau con quantità microscopiche.

Tempo di vita delle quasi-particelle.

(ADG, Cap.2, Cap.3, Cap.4:18 e 19, Fetter e Walecka, Cap.3:6,8)

Teoria della risposta lineare. Funzioni di risposta. Proprietà di analicità. Parte reattiva ed assorbitiva.

Relazioni di Kramers e Kronig. Formula di Kubo. Teorema di fluttuazione e dissipazione.

Rappresentazione spettrale e regole di somma.

Conducibilità. Equazione di continuità e gauge invarianza.

Calcolo esplicito di funzioni di risposta in teoria perturbativa (RPA) in casi semplici di interesse fisico.

(Des Cloizeaux, Fetter e Walecka, Schrieffer, Mahan)

Landau theory of normal Fermi liquid.

Green functions and many body perturbation theory at $T=0$ and T_0 .

Linear response theory

- **L. Galantini** (Corso di Laurea Magistrale in Chimica ed in Chimica Industriale), “**Tecniche per lo studio dei sistemi dispersi**”, 48 ore (6 CFU), II semestre

...

- **C. Mariani** (Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle nanotecnologie) “**Tecnologie di fabbricazione di nanostrutture e processi di autoassemblaggio**”, 48 ore (6 CFU), II semestre

http://server2.phys.uniroma1.it/gr/lotus/Mariani_carlo/didattica/Nanostrutture_Mariani.htm

Obiettivi dell'insegnamento

Conoscenza degli effetti della riduzione delle dimensioni fisiche (da 3D a 2D, 1D e 0D) – Apprendimento di nuove metodiche sperimentali per la crescita di nanostrutture e per la loro caratterizzazione (microscopie, spettroscopie, diffrazione) - Nuove architetture su scala nanometrica, applicazioni attuali e in prospettiva.

Physical effects due to dimension reduction (from 3D to 2D, 1D and 0D) – New experimental techniques and models for the growth and characterization of nanostructures (microscopies, spectroscopies, diffraction) - New architectures at the nanoscale, present and perspective applications.

Testi

dispense disponibili sul sito:

http://server2.phys.uniroma1.it/gr/lotus/Mariani_carlo/didattica/Nanostrutture_Mariani.htm
alcuni capitoli da:

A. Zangwill, *Physics at Surfaces*, Cambridge Univ. Press; H. Lüth, *Solid surfaces, interfaces and thin films*, Springer; F. Bechstedt, *Principles of Surface Physics*, Springer

Programma

Dalle superfici alle nuove architetture atomiche e molecolari - Sistemi bidimensionali (2D) e monodimensionali (1D) a confronto con i sistemi 3D - Struttura cristallina dei sistemi 3D e nei cristalli 2D (sistemi bidimensionali esemplari) – Simmetrie ed operazioni di simmetria - Processi di rilassamento, ricostruzione e transizioni di fase nella formazione di una superficie - Metodi di indagine strutturali in sistemi a bassa dimensione (AFM, STM, LEED, GIXD) - Struttura elettronica e densità degli stati in sistemi 1D e 2D (studio di sistemi esemplari) - Nuove architetture atomiche e molecolari sulle superfici: nanostrutture di atomi e molecole ordinati su superfici vicinali o nanostrutturate - Processi di fabbricazione e di autoassemblaggio delle nanostrutture su superfici, SAM - Metodi di preparazione delle superfici (“sputtering”, sfaldatura) e delle nanostrutture (deposizione in vuoto da fase vapore, PVD, di fasci epitassiali molecolari, O-MBE) – Nanostrutture magnetiche, la magnetoresistenza gigante - Metodi spettroscopici per lo studio delle nanostrutture (Auger, fotoemissione UPS risolta in angolo, XPS) – Introduzione alla radiazione di sincrotrone - Proprietà elettroniche di sistemi a bassa dimensione - Formazione di interfacce, eterostrutture, e nanostrutture: sistemi autoassemblati, sistemi ordinati su superfici nanostrutturate, il grafene (proprietà elettroniche, strutturali, crescita del grafene, modifica delle proprietà intrinseche del grafene, drogaggio, ...). Applicazioni.

From surfaces to new atomic and molecular architectures – 1D and 2D systems – Low-dimensional crystalline structures – Symmetries – Surface thermodynamics – Relaxation and reconstruction processes – Structural properties and techniques (AFM, STM, LEED, GIXD) – Electronic properties (electron gas, band structure) of nanostructures- New atomic and molecular architectures at the nanoscale – Growth and self-assembling on surfaces – Surface preparation and growth (sputtering, PVD, organic-MBE) - Giant magnetoresistance – Electron spectroscopic and diffraction techniques (angular-resolved UPS, XPS, Auger, LEED, ...) – Introduction to synchrotron radiation - – Electronic properties and structure of nanostructures: hetherostructures, nano-wires, self-assembled monolayers, SAM) – Graphene: electronic states, structure, supported graphene, growth, characterization, doping, ..) - Applications

- **A. Martinelli** (Corso di Laurea Magistrale in Chimica Industriale), “**Laboratorio di Macromolecole**”, 90 ore (9 CFU), II semestre

<http://www.chem.uniroma1.it/didattica/chimica-industriale/insegnamenti/laboratorio-di-macromolecole>

Il corso è strutturato in modo da fornire allo studente della laurea magistrale informazioni approfondite su alcune tecniche sperimentali impiegate per caratterizzazione dei materiali polimerici. Tramite l'analisi dei risultati acquisiti si metteranno in evidenza le correlazioni tra le proprietà osservate e la struttura dei materiali ed i loro i campi di applicazione.

In particolare, per ogni argomento trattato, il corso si sviluppa in tre fasi.

Nella prima si esaminano in dettaglio le grandezze che si misureranno con una tecnica strumentale in oggetto, le teorie che descrivono i fenomeni analizzati, le correlazioni tra la struttura chimica dei materiali ed il loro comportamento.

Nella seconda fase verrà descritta la strumentazione impiegata e le modalità sperimentali da utilizzare in relazione alle informazioni che si vogliono acquisire. Le procedure usate verranno confrontate con quelle proposte, se esistenti, dalle normative internazionali.

Nella terza fase si condurranno le prove sperimentali e si acquisiranno i dati per la successiva elaborazione. I risultati ottenuti verranno analizzati in base alle teorie descritte nella prima fase.

Processi di cristallizzazione di polimeri (1 cfu-8h)

Modello microcinetico

Modello macrocinetico

Comportamento visco-elastico ed analisi dinamo-meccanica (1 cfu-12 h)

Comportamento elettrico dei polimeri (1 cfu-8 h)

Tensione superficiale di solidi ed angolo di contatto (1 cfu-8 h)

Caratterizzazione FT-IR di materiali polimerici (1.5 cfu-18 h)

Esercitazioni (3.5 cfu- 53 h)

- Determinazione della velocità di accrescimento sferulitico di un polimero semicristallino mediante microscopia ottica.
- Studio della cinetica di cristallizzazione mediante calorimetria differenziale a scansione.
- Esperimenti di caratterizzazione dinamo-meccanica di polimeri.
- Sintesi di un polimero elettroconduttore, *doping* e misure di conducibilità.
- Misura della conducibilità di un materiale isolante secondo normative internazionali.
- Misura dell'angolo di contatto di superfici polimeriche tal quali e modificate. Determinazione della tensione superficiale.

- Riconoscimento polimeri tramite FT-IR ed ATR FT-IR
- Studio delle relazioni struttura-spettro IR.
- Transizioni termiche seguite mediante FT-IR

□ **M. Rossi** (Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle nanotecnologie), “**Microscopie e tecniche di nanocaratterizzazione**”, 48 ore (6 CFU), II semestre
http://w3.uniroma1.it/nanotec/Laurea/Microscopie_Nanocaratterizzazioni_2010-11.pdf

□ **M.V. Russo** (I anno, Corso di Laurea Magistrale in Chimica Analitica), “**Chimica dei materiali polimerici**”, 48 ore (6 CFU), II semestre

Programma

- **1. Polimeri naturali e di sintesi.**
- *Principi generali sulla scienza delle macromolecole.*
- **(4h lezioni frontali)**
-
- **2. Struttura e proprietà dei polimeri**
- *Polimeri in soluzione. Misura del peso molecolare e delle dimensioni.*
- *Caratterizzazione chimico-fisica e morfologia dei polimeri (spettroscopie tradizionali, SEM, TEM, AFM). Polimeri cristallini. Correlazione tra strutture e proprietà.*
- **(10h lezioni frontali ed esercitazioni).**
-
- **3. Reazioni di polimerizzazione**
- Polimerizzazioni di condensazione
- *Polimerizzazioni di addizione di tipo radicalico*
- *Polimerizzazioni di addizione di tipo non radicalico*
- *Polimerizzazioni con meccanismo di tipo ionico e con meccanismo di coordinazione*
- *Polimerizzazioni elettrochimiche*
- *Copolimerizzazioni*
- **(20h lezioni frontali ed esercitazioni)**
-
- **4. Sintesi e strutture dei principali polimeri**
- *Poliolfine, polimeri derivati da dieni, polimeri vinilici e vinilidenici, polimeri fluorurati, polifosfazeni, siliconi poliacetileni, politiofeni, polipirroli, polianilina, polimeri cellulosici, resine termoindurenti e polimeri termoplastici. Polimeri per applicazioni biomediche.*
- **(8h lezioni frontali)**
-
- **5. Aspetti innovativi dei materiali polimerici**
- *Nanostrutture; metodi di sintesi e caratterizzazioni*
- *Caratterizzazioni avanzate; spettrometria di massa, spettroscopie fotoelettroniche, in assorbimento ed emissione*
- *Proprietà optoelettroniche*
- *Applicazioni in biotecnologie, biomedicina e sensoristica*
- **(18h lezioni frontali ed esercitazioni)**

Libri di testo consigliati

Textbook of Polymer Science, Fred W. Billmeyer, Jr.; John Wiley & Sons Ed. (1962)
Advances in macromolecules: perspectives and applications, Maria Vittoria Russo Ed., Springer (2009)

I anno

- subito, piano didattico (entro il 15 novembre normalmente)
- subito email: uniroma1.it (richiederlo sul sito uniroma1)
- 31 marzo, progetto di ricerca
-

II anno

- att. didattica attiva possibile
- settembre/ottobre piano di ricerca con seminario
-
-

III anno

- NIENTE attività didattica attiva
- maggio/giugno scelta referee
- settembre tesi prima versione al/alla referee
- novembre seminario finale al collegio
-