



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## FISICA DEI MATERIALI IN BASSA DIMENSIONALITÀ

**STEFANO VERONESI**

Anno accademico	2020/21
CdS	FISICA
Codice	352BB
CFU	6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
FISICA DEI MATERIALI IN BASSA DIMENSIONALITÀ	FIS/03	LEZIONI	36	MATTEO CARREGA STEFANO VERONESI

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Il corso presenta un percorso sia teorico che sperimentale sui materiali a bassa dimensionalità. Il principale obiettivo del corso è di fornire sia una base teorica per la comprensione delle proprietà di trasporto dei nanodispositivi che una introduzione alle principali tecniche sperimentali per il loro studio. In questo contesto, i principali obiettivi saranno:

- fornire un quadro generale della fisica dei sistemi mesoscopici, evidenziando aspetti quantistici quali l'interferenza e la quantizzazione. Verranno illustrati recenti risultati sperimentali rilevanti e loro spiegazione teorica, con particolare riferimento a sistemi in bassa dimensionalità. Verranno infine affrontati concetti quali protezione topologica e loro realizzazione in sistemi a stato solido.
- fornire una base delle tecniche sperimentali con particolare riferimento alla microscopia e fisica delle superfici. Verranno descritte tecniche di microscopia spm (scanning probe microscopy) con particolare riferimento alla microscopia STM (Scanning Tunneling Microscopy), tecniche per la caratterizzazione di superfici, funzionalizzate e non, quali LEED (Low Energy Electron Diffraction) e spettroscopia Auger. Verranno illustrate particolari applicazioni di queste tecniche nello studio di nuovi materiali e sistemi in bassa dimensionalità.

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Gli studenti saranno valutati in base alla loro capacità di discutere gli argomenti del corso utilizzando un linguaggio appropriato. Verrà loro chiesto di discutere un problema di ricerca irrisolto utilizzando gli strumenti acquisiti durante il corso.

Metodi:

prova orale finale

#### *Capacità*

Alla fine del corso gli studenti dovranno di essere in grado di comprendere i concetti fisici principali riguardanti i materiali a bassa dimensionalità e i metodi sperimentali per il loro studio e sviluppo.

#### *Modalità di verifica delle capacità*

Il corso ha un approccio interattivo stimolando la discussione durante le lezioni, anche grazie alla presentazione di aspetti sperimentali e teorici che appaiono nella letteratura scientifica.

#### *Comportamenti*

Gli studenti impareranno le implicazioni fisiche nello sviluppo e nelle applicazioni dei materiali a bassa dimensionalità. Le conoscenze acquisite consentiranno loro di effettuare, in modo indipendente, ricerche nel campo.

#### *Modalità di verifica dei comportamenti*

Le discussioni dei seminari e la scelta degli argomenti per l'esame sono gli strumenti utilizzati per verificare il livello di progresso raggiunto

#### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Conoscenze di base di meccanica quantistica e di fisica dello stato solido.

#### *Indicazioni metodologiche*

Modalità:

lezioni frontali.



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

Attività didattiche:

- frequentazione delle lezioni
- partecipazione ai seminari
- partecipazione alle discussioni
- studio individuale e ricerca bibliografica

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

- Introduzione alla fisica delle Superfici
  - Richiami di cristallografia
  - Ricostruzione delle superfici
  - Proprietà del carbonio e ibridizzazione sp. Grafene
  - Tecniche per lo studio di superfici
    - Scanning Tunneling Microscopy (STM)
    - Thermal Desorption Spectroscopy (TDS)
    - Low Energy Electron Diffraction (LEED)
    - Spettroscopia Auger
  - Funzionalizzazione dei materiali 2D
- 
- Richiami su processi di scattering nei solidi, lunghezze di scala, regime balistico e diffusivo.
  - Meccanismi di trasferimento di energia radiativi e non
  - Eterostrutture a semiconduttore e riduzione della dimensionalità, gas elettronico bidimensionale.
  - Effetto sulle proprietà ottiche/elettroniche indotto dai droganti
  - Effetto Hall quantistico. teoria e risultati sperimentali . Accenni di effetto Hall in regime frazionario e in sistemi con fermioni di Dirac (graphene quantum Hall).
  - Isolanti topologici , modello teorico e realizzazione sperimentale. Concetti di protezione topologica e possibili applicazioni tecnologiche.
  - Fili quantici e punti di contatto: aspetti tecnologici e descrizione teorica. Quantizzazione della conduttanza in fili quantici e relativi esperimenti. Conduttanza a due e quattro terminali e relative misure. Formula di Landauer per trasporto in presenza di barriere di potenziale.
  - Effetto Aharonov-Bohm e relativi esperimenti su nano-anelli. Concetto di fase di Berry e legame con proprietà topologiche.
  - Quantum dots: aspetti tecnologici e descrizione teorica. o Equazioni maestre per il trasporto in regime fuori equilibrio e rate di tunneling. Proprietà di trasporto e transistor a singolo elettrone.
  - Applicazioni: H-storage, detector, sensori, catalisi, spintronica

### Bibliografia e materiale didattico

Principles of Surface Physics, Friedhelm Bechstedt, Springer-Verlag (2003) ISBN 3-540-00635-4

Introduction to Scanning Tunneling Microscopy, C. Julian Chen, Oxford University Press (1993) ISBN 0-19-507150-6

Low Energy Electron Diffraction, M.A. Van Hove, W.H. Weinberg, C-M. Chan, Springer series in Surface Science 6 (1986) ISBN -13: 978-3-642-82723-5

Introduction to Graphene-Based Nanomaterials, L.E.F. Foa Torres, S. Roche, J.C. Charlier, Cambridge University Press (2014) ISBN 978-1-107-03083-1

The Physics of Low-dimensional Semiconductors, J. Davies, Cambridge University Press (2012), ISBN 978-0-511-81907-0

Electronic transport in mesoscopic systems, S. Datta, Cambridge University Press (2013), ISBN 978-0-511-80577-6

Electronic Quantum Transport in Mesoscopic Semiconductor, T. Ihn, Springer (2004), ISBN 978-0-387-21828-1

### Indicazioni per non frequentanti

Sono disponibili le slides delle lezioni

### Modalità d'esame

Esame orale, in parte seminariale su argomenti di ricerca attuali e di rilievo per il corso

Ultimo aggiornamento 15/09/2020 16:25