

Università di Pavia, Dipartimento di Fisica
Laurea Magistrale in Scienze Fisiche:
Curriculum di Fisica della Materia

Lucio Andreani

Giornata di orientamento, Pavia, 27 Maggio 2020

<http://fisica.unipv.it> , Didattica+Orientamento
<http://fisica.unipv.it/dida/Orientamento.htm>

Fisica della Materia

- Fisica dei solidi (semiconduttori, isolanti, metalli, magnetismo e superconduttività, transizioni di fase...)
- Nanostrutture, nanotecnologie, nanomateriali: "nanoscale quantum effects"
- Spettroscopie, ottica e fotonica
- Applicazioni in scienza dei materiali, sensoristica, fotovoltaico
- *Tecnologie quantistiche e biomedicali -> vedi Curricula*
- Atomi e molecole, liquidi, "soft matter"; ...

Gli enti nazionali:

CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche), dal 2004 comprendente l'ex INFM (Istituto Nazionale di Fisica della Materia)

CNISM (Consorzio Naz.le Interuniversitario per le Scienze Fisiche della Materia)

IIT (Istituto Italiano di Tecnologia)

Piano di studi del curriculum (1)

6 CFU di insegnamenti di laboratorio (FIS/01):

Laboratorio di fisica quantistica I

Laboratorio di strumentazioni fisiche

M. Galli

F. Marabelli

6 CFU di insegnamenti di fisica teorica (FIS/02):

Complementi di fisica teorica

Elettrodinamica quantistica

Meccanica statistica

Metodi computazionali della fisica

Termodinamica quantistica

B. Pasquini

A. Bacchetta

P. Perinotti

F. Piccinini

M. Sacchi

36 CFU di insegnamenti di area (FIS/03, segue)

12 CFU di insegnamenti di altre aree:

BIO, CHIM, FIS/05, INF, MAT, ING-IND, ING-INF, MED (controllare SSD)

12 CFU a scelta libera

48 CFU tesi di laurea magistrale

*Ricordare: la fisica è una
scienza sperimentale*

Piano di studi del curriculum (2)

36 CFU di insegnamenti di area (FIS/03):

Magnetismo e superconduttività

P. Carretta, G. Prando

Fisica dello Stato Solido I

L. Andreani

Fisica dello Stato Solido II

L. Andreani, M. Cococcioni

Spettroscopia dei materiali

M. Patrini, P. Galinetto

Fisica dei dispositivi elettronici a stato solido

V. Bellani

Nanostrutture quantistiche

D. Gerace

Fotonica

M. Liscidini

Fisica quantistica della computazione

C. Macchiavello

Ottica quantistica

L. Maccone

Permette un piano di studi flessibile e personalizzabile con diversi profili:

Fisica sperimentale, fisica computazionale dei solidi, ottica, fotonica, nanostrutture, spettroscopia e scienza dei materiali, ottica quantistica...

È possibile inserire 2 laboratori e/o 2 insegnamenti di fisica teorica sfruttando i 12 CFU a scelta libera

Linee di ricerca

Proprietà dei solidi, fenomeni cooperativi ed eccitazioni collettive. Nanofisica: semiconduttori, fotonica, magnetismo

Fisica sperimentale della materia:

- NMR-NQR: magnetismo, superconduttività, transizioni di fase
- Raman/EPR: isolanti, ossidi; beni culturali
- Spettroscopie ottiche: semiconduttori, Fotonica, *scienza dei materiali, Plasmonica, Metamateriali*
- *e (ICT-, bio-) applicazioni*

Fisica teorica della materia:

- *Fisica computazionale a principi primi*
- *Fotonica, nanostrutture e applicazioni*

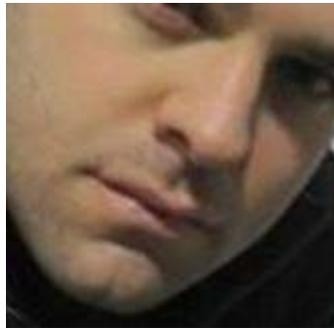
Gruppo NMR (<http://nmrphysics.unipv.it>)



Pietro
Carretta



Alessandro
Lascialfari



Manuel
Mariani



Marco
Moscardini



Giacomo
Prando

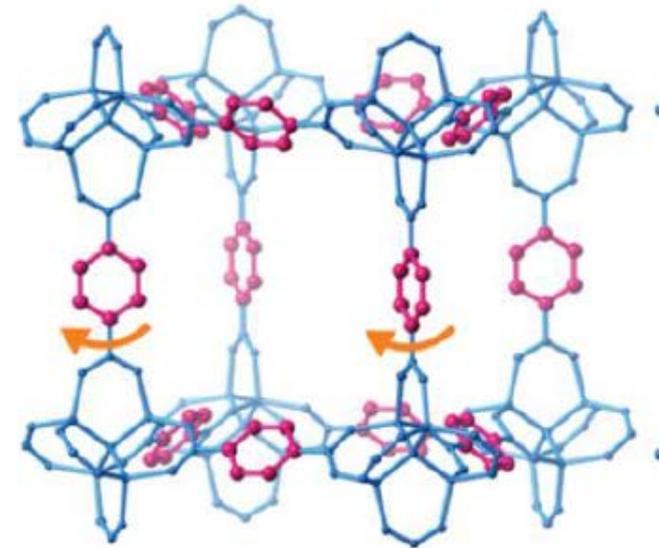
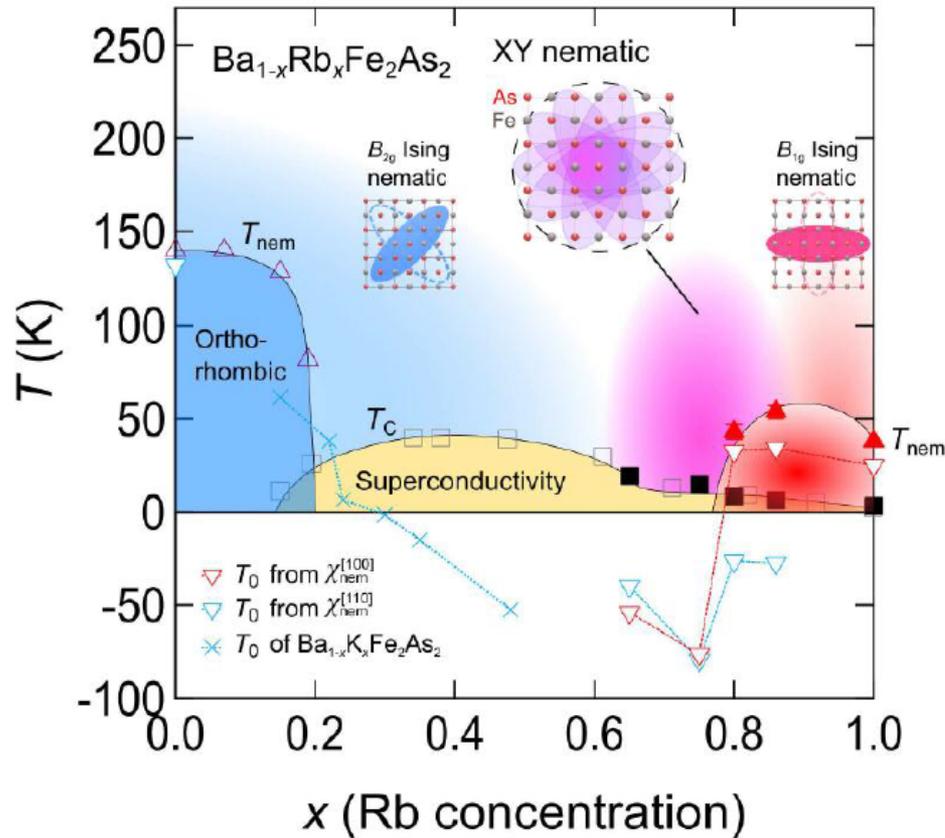
Tecniche sperimentali: Risonanze Magnetiche NMR, NQR, μ SR, MRI, WBESR; Magnetometria SQUID, trasporto

Linee di Ricerca in Fisica della Materia:

- Superconduttività: Fe-based SC, effetti di impurezze, fluttuazioni nematiche e termodinamiche, ordine di carica, effetti orbitalmente selettivi.
- Magnetismo: magneti frustrati, magneti molecolari, transizioni di spin indotte otticamente, effetti di correlazione e spin-orbita, nanoparticelle.
- Rotori molecolari

Diagrammi di fase, transizioni di fase, proprietà microscopiche dei superconduttori, transizioni di Mott...

Magnetismo molecolare, rotori molecolari, loro studio mediante NMR, effetti quantistici...



Gruppo Raman-EPR



Pietro Galinetto



Enrico Giulotto



Maria Cristina Mozzati

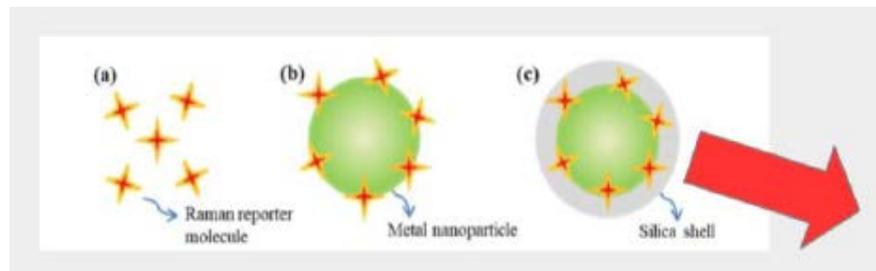
Tecniche sperimentali:

- Micro Raman
- Raman ad alta risoluzione
- Magnetometro SQUID
- EPR (electron Paramagnetic Resonance)

Linee di Ricerca in Fisica della Materia:

- Ossidi funzionali
- Eterostrutture GaAsN-GaAsN:H
- SERS
- Nanomedicina
- Analisi applicate a conservazione beni culturali e di interesse industriale o forense

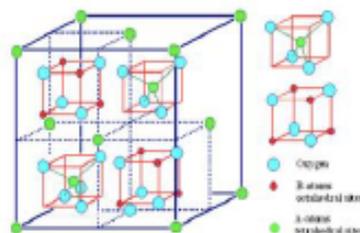
Surface-enhanced Raman scattering (SERS)



Ossidi funzionali sia bulk sia nanostrutturati

- $ZnFe_2O_4$:Ca, Sr, Al
- $LiNbO_3$, $KTaO_3$:Li
- TiO_2
- ...

Applicazioni:
 sensoristica, fotonica
 e biomedicina



$FeNb_{11}O_{29}$: possible anode material for Li batteries

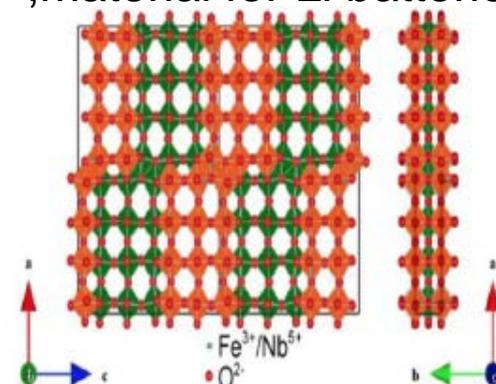
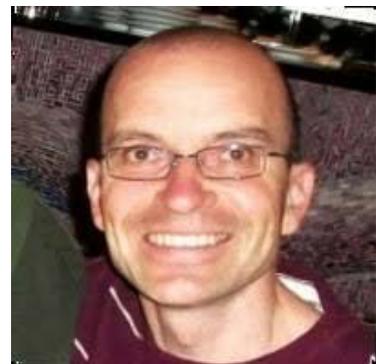


Fig. 1. Crystal structure of $FeNb_{11}O_{29}$.

Gruppo di spettroscopia ottica



Vittorio Bellani



Matteo Galli



Davide Grassani



Franco Marabelli



Maddalena Patrini

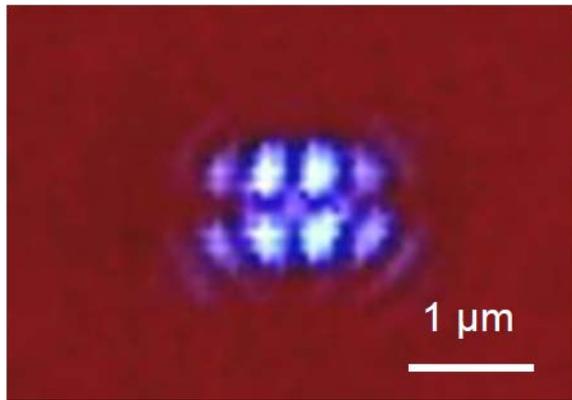
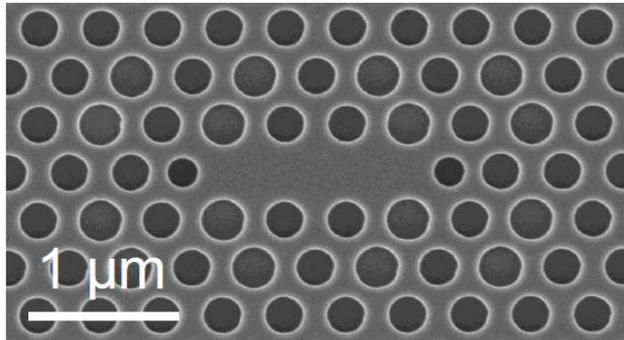
Tecniche sperimentali:

- Spettroscopia UV-visibile-infrarosso
- R & T risolta in angolo, R & A diffusa
- Ellissometria spettroscopica
- Assorbimento fotoindotto, FTIR
- Pump and probe, Photon entanglement
- Microscopia a forza atomica
- Spettroscopia laser, scattering risonante e accoppiamento in fibra

Linee di Ricerca in Fisica della Materia:

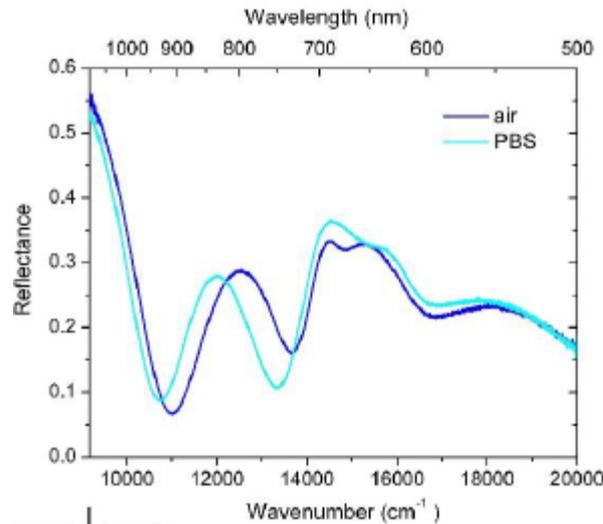
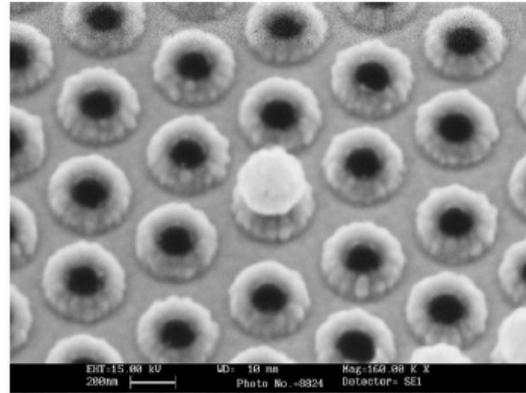
- Fotonica integrata in Si
- Sistemi fotonici e plasmonici per amplificazione di campo e sensoristica
- Materiali compositi per applicazioni in ottica e energetica
- Nanoparticelle, superfici nanostrutturate e Metamateriali

Nonlinear photonics in photonic crystal nanocavities



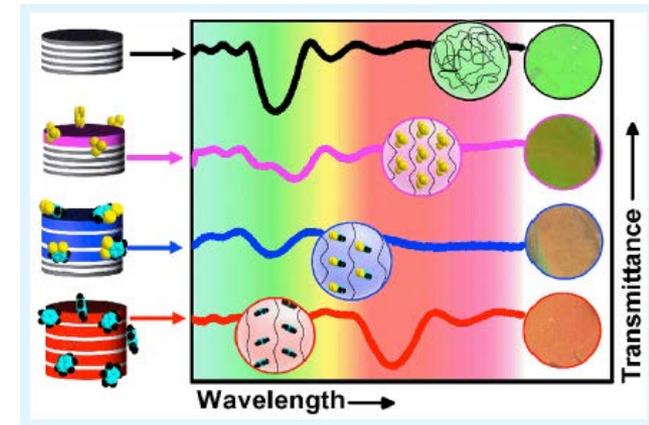
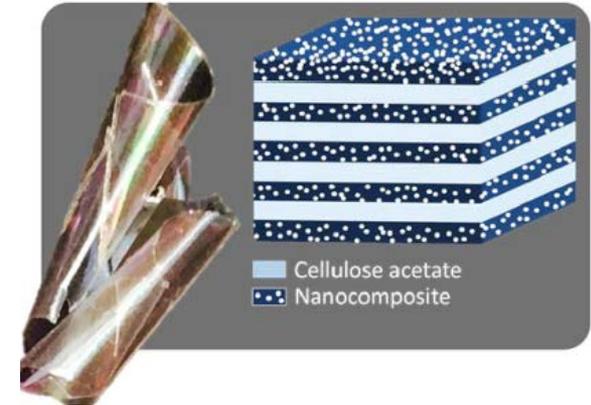
Collaborazioni: EPFL - Lausanne
Stanford University (USA)
CEA-Leti...

Plasmonic structures and metasurfaces for sensing



Spin-off PLASMORE e
progetti EU

Hybrid composite materials tuned on applications

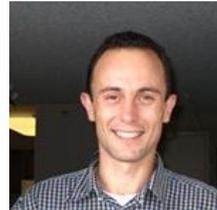


Progetto Regione Lombardia

Ricerche in Fisica computazionale, Fotonica e Nanostrutture



L.C. Andreani



M. Cococcioni



D. Gerace



M. Liscidini

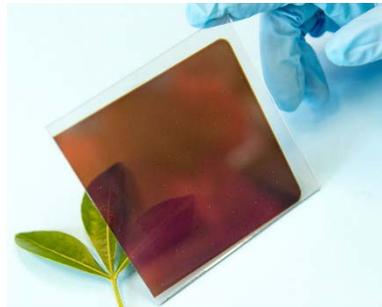
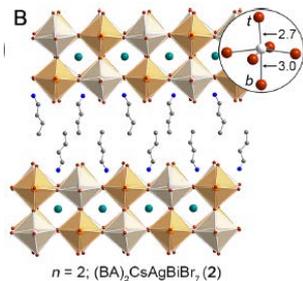
- **Fisica computazionale dei solidi a principi primi**
- **Fotonica e nanostrutture**
- **Silicon photonics, fotovoltaico**
- **(Quantum computing, quantum tech...)**

Fisica computazionale a principi primi

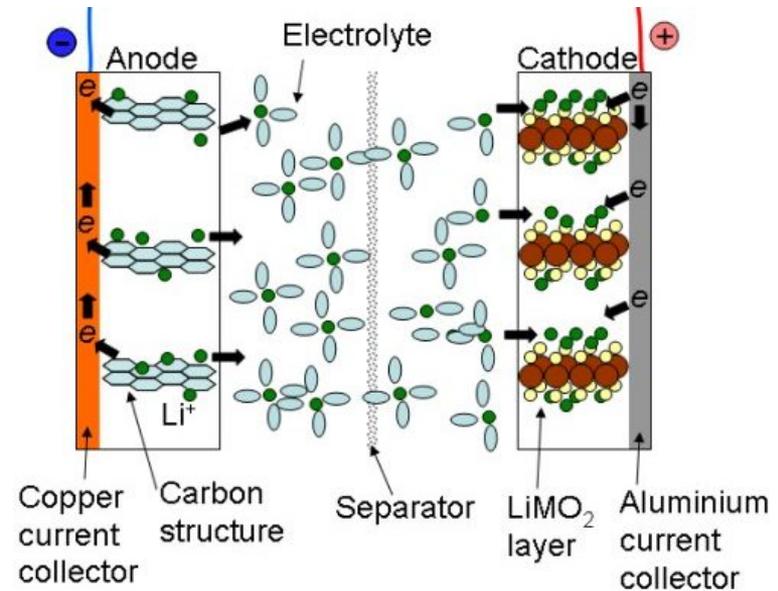
Descrizione: uso di Density-Functional Theory (DFT) con computing ad alte prestazioni per risolvere il problema elettronico con effetti a molti corpi: sviluppo di *metodi* e studi di *materiali*

Electrode materials for Li & Na rechargeable batteries

(collaborations: chemistry departments @ UniPV, UniMIB; N. Marzari @ EPF-Lausanne)



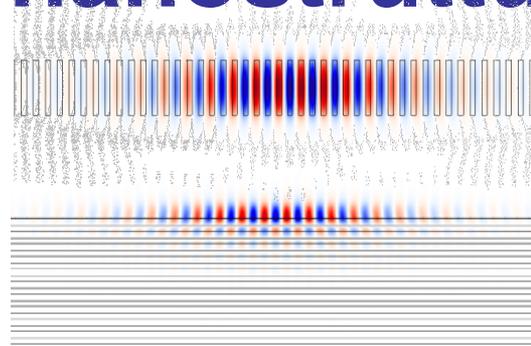
$$H\Psi = \left[-\frac{\hbar^2 \nabla^2}{2m} + U(r) \right] \Psi = E\Psi$$



Layered organic-inorganic perovskites for optoelectronic and solar cell applications

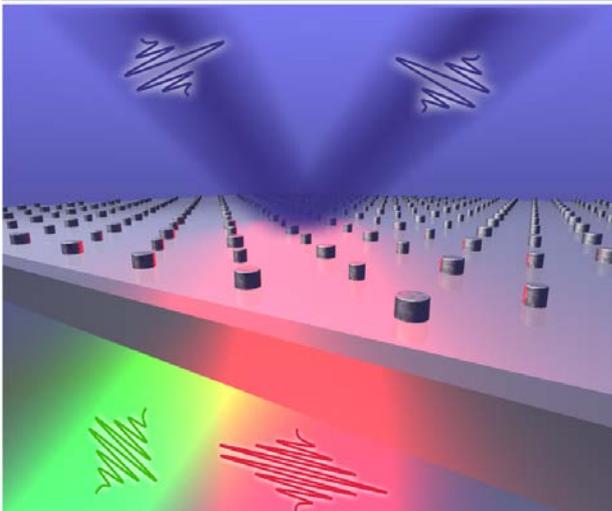
Fotonica e nanostrutture

Strutture fotoniche per il controllo dell'interazione radiazione-materia e delle nonlinearità ottiche

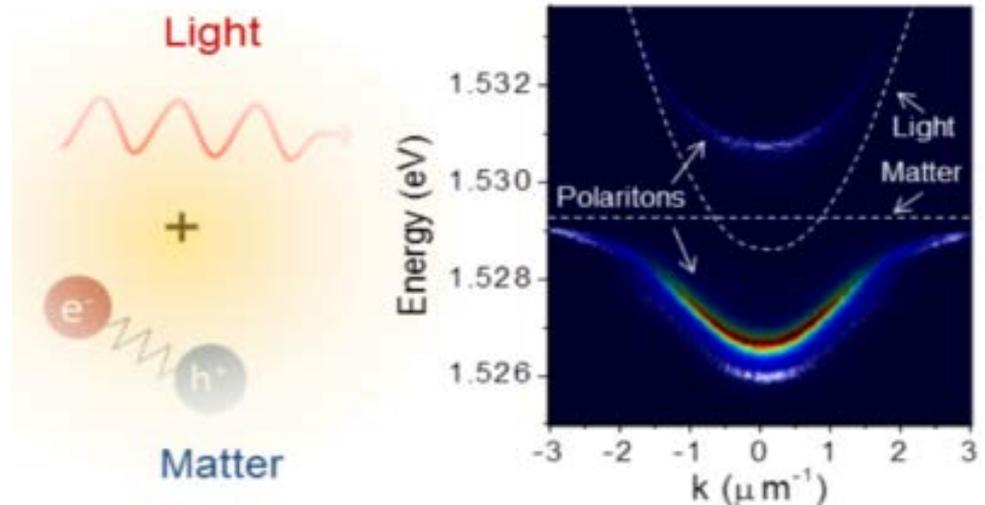


Light confinement (Bloch surface waves, nanocavities)

Nonlinear photonics



Metasuperfici, nanoantenne, nonlinear photonics (PRIN NOMEN – Nonlinear Optics in Metal-less Nanoantennas)



Strong light-matter coupling, exciton-polaritons (PRIN INPHOPOL-Interacting Photons in Polariton Circuits)

Caratteristiche delle ricerche in Fisica della Materia

- Esperimento e teoria sono molto vicini
- Vi sono linee di ricerca di natura fondamentale o applicativa (salute, ambiente, energia...), a volte sugli stessi sistemi
- Il mondo delle nanotecnologie offre innumerevoli spunti e sempre nuovi materiali/strutture per ricerche innovative
- Molte collaborazioni, internazionali, nazionali, interdisciplinari
- I progetti di ricerca e gli esperimenti sono spesso sulla scala di 2-3 anni, in gruppi medio-piccoli: è possibile concepire l'idea e vederla realizzata qualche anno dopo (il tempo di laurea+dottorato...)
- La scala dei progetti e degli esperimenti permette di impraticarsi di tecniche diverse, curare i dettagli, diventare responsabile della propria attività