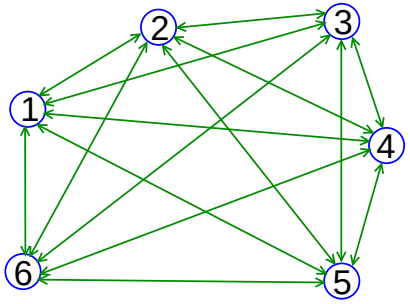
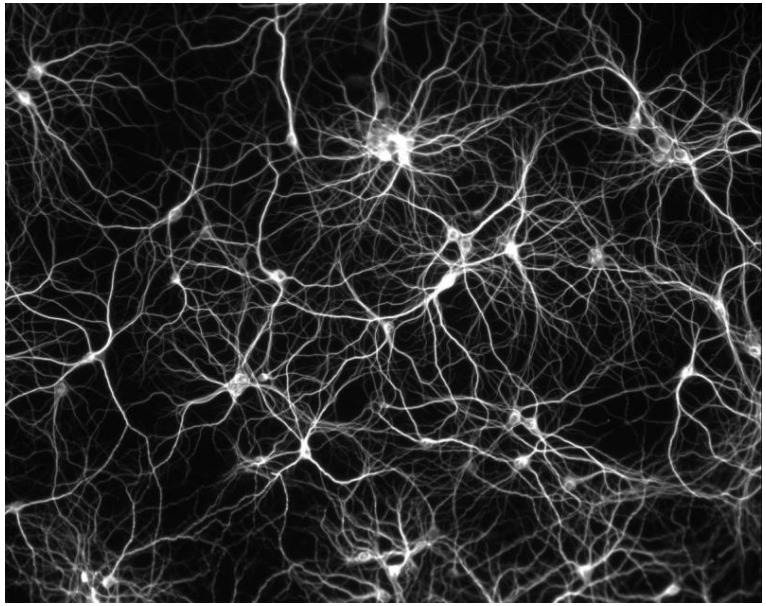
ISTITUTO DEI SISTEMI COMPLESSI
Unità di Firenze:
Ricerche nell'ambito della complessità

Firenze – 7 aprile 2010

UN PROTOTIPO DI SISTEMA COMPLESSO: RETI NEURALI



.



COLLABORAZIONI E PROGETTI

- Centro per lo Studio di Dinamiche Complesse (CSDC) dell'Università di Firenze
- Laboratorio congiunto con l'Università di Tel Aviv
- Institute of Nonlinear Science e Salk Institute (San Diego)
- Outgoing Marie-Curie Fellowship
- Progetto STREP dell'UE

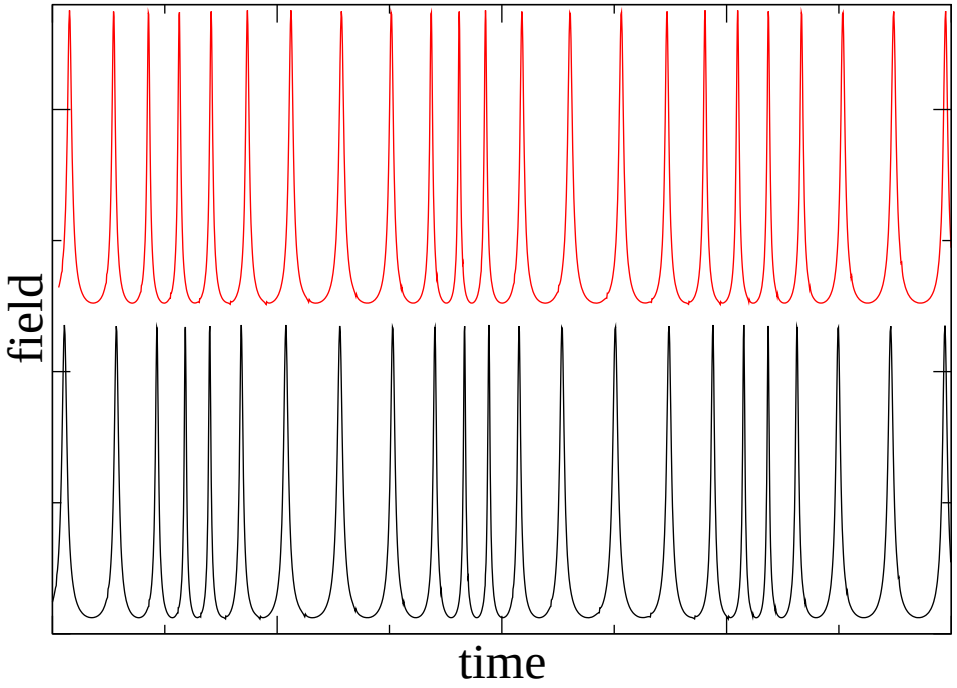
OBIETTIVI PRINCIPALI

- Caratterizzazione di sistemi termodinamici fuori dall'equilibrio
- Elaborazione dell'informazione in reti di oscillatori nonlineari
- Nascita spontanea di comportamenti collettivi

ATTIVITÀ SVOLTA

- Analisi dati (tipicamente serie temporali)
- Studio della morfologia di reti complesse
- Modellizzazione
- Simulazioni con oscillatori ottici nonlineari (laser a semiconduttore)

INDICATORI DI SINCRONIZZAZIONE



relazioni funzionali / entropie relative

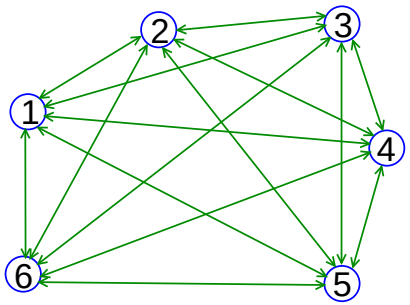
metodi di clusterizzazione

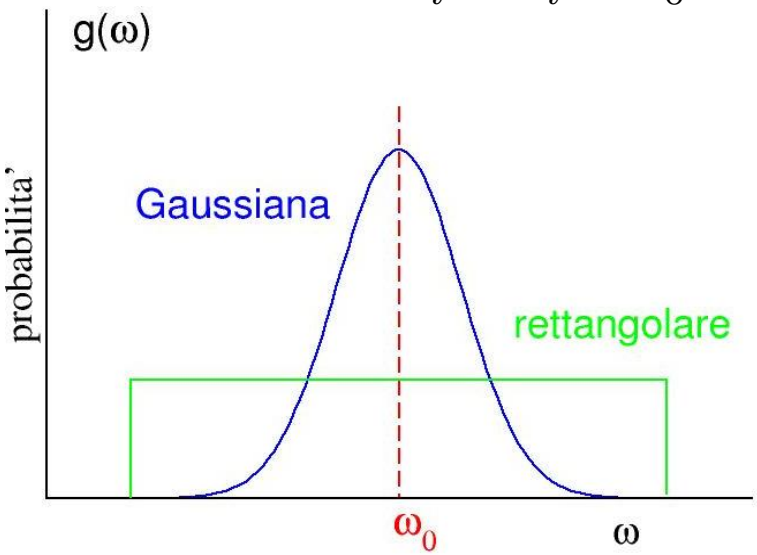
PROPRIETÀ DINAMICHE MICROSCOPICHE E COLLETTIVE

un esempio ipersemplificato: il modello di Kuramoto

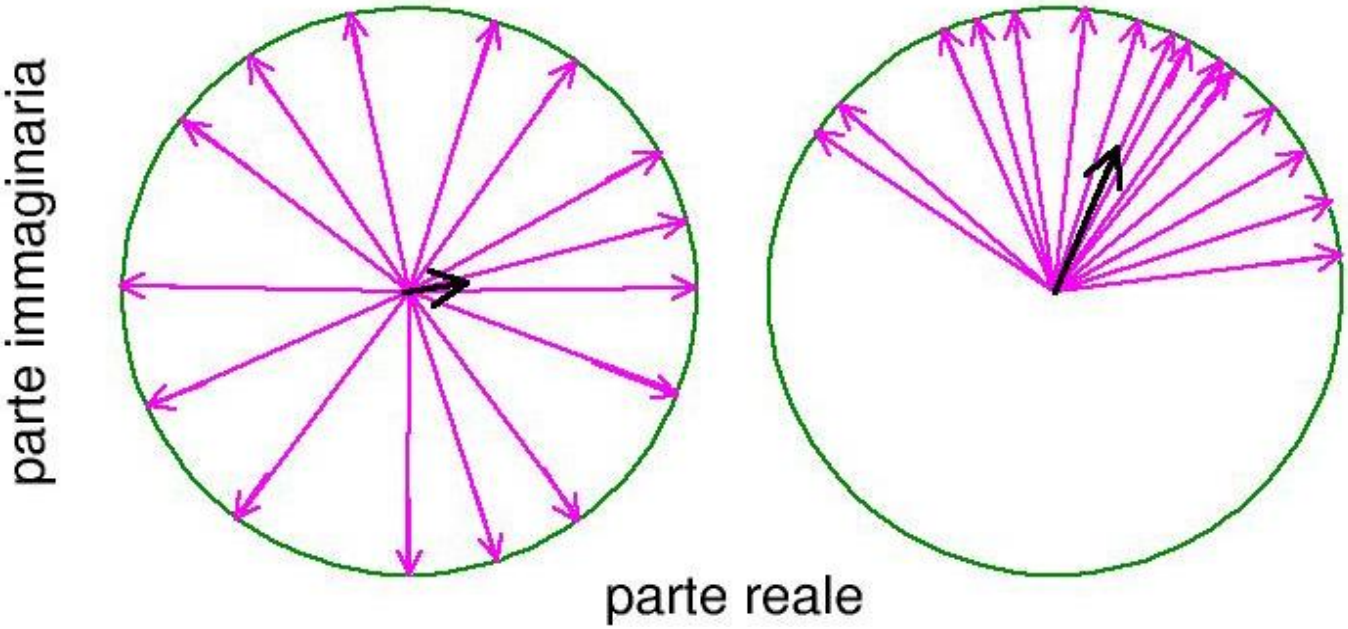
$$\dot{\theta}_i = \omega_i + \frac{K}{N}\sum_{j=1}^{N}\sin(\theta_j - \theta_i) + \xi_i(t)$$

$$\alpha_i = \theta_i - \omega_0 t$$



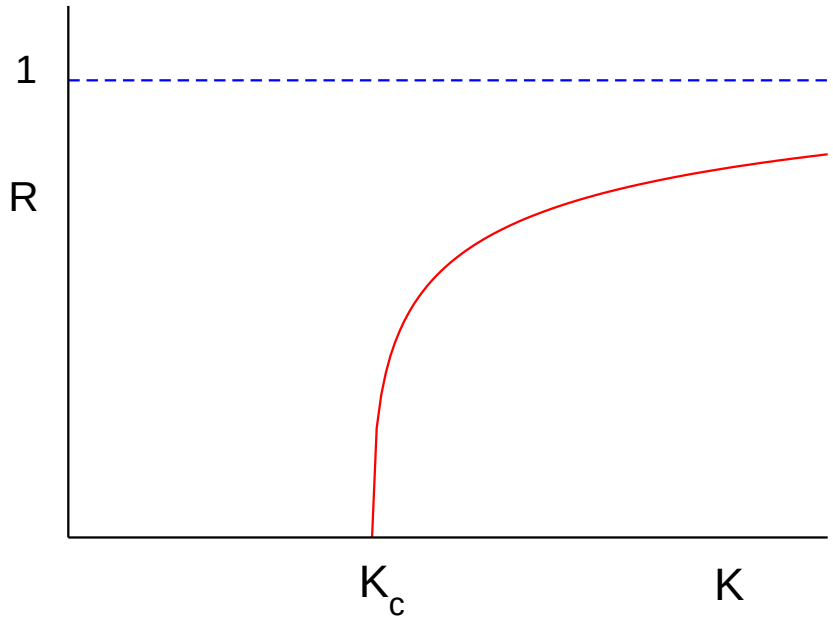


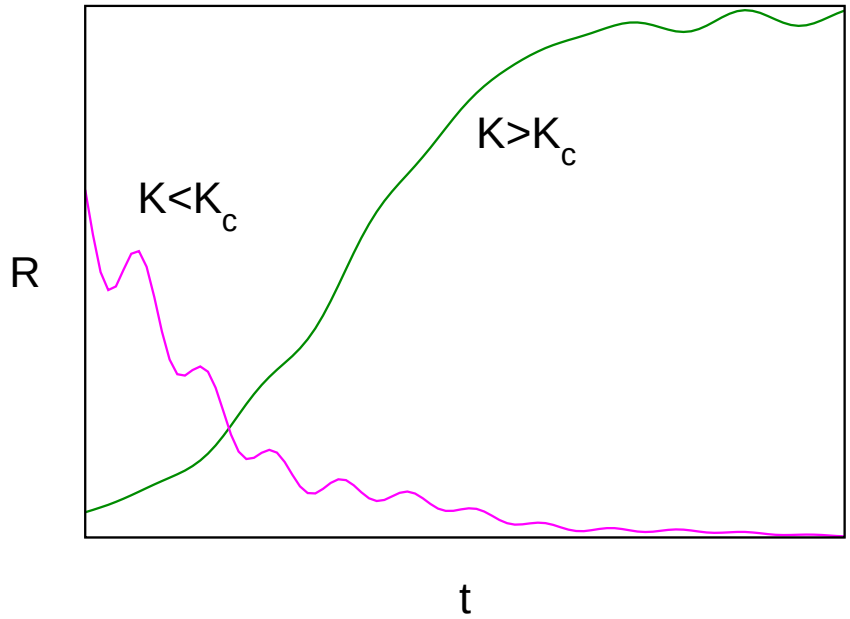
parametro d'ordine $$Re^{i\psi} = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} e^{i\theta_j}$$



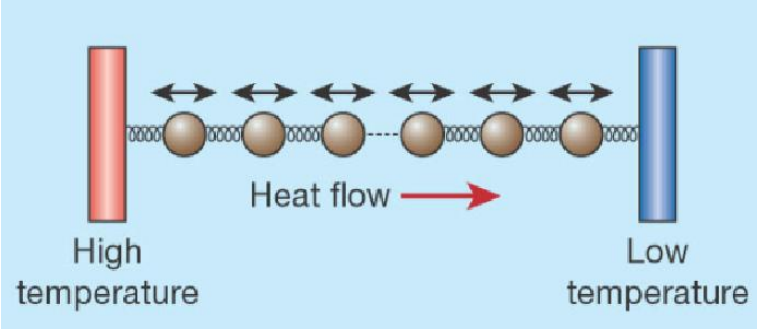
$$\dot{\theta}_i = \omega_i + KR\sin(\psi - \theta_i) + \xi_i(t)$$

COMPORTAMENTO QUALITATIVO



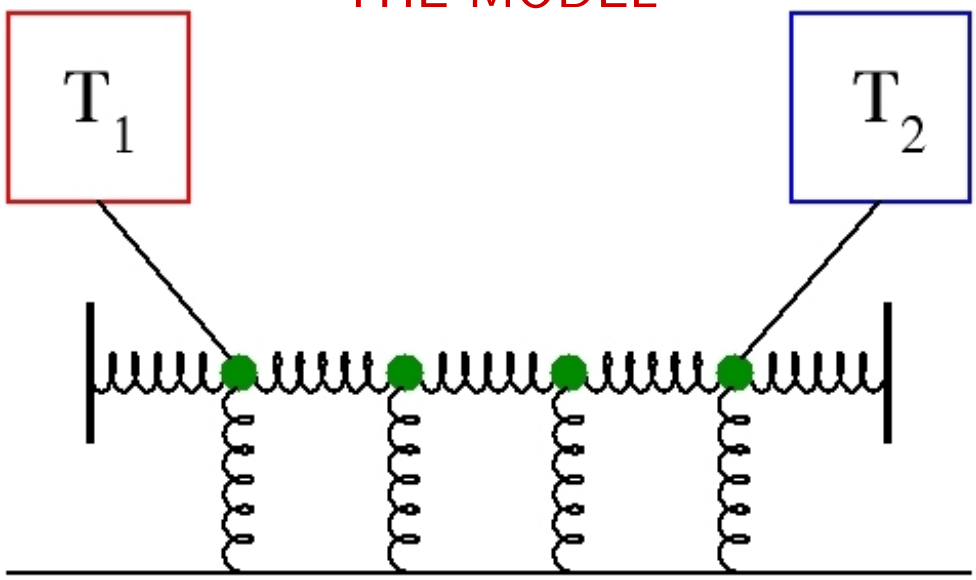


CONDUCIBILITÀ TERMICA IN SISTEMI UNIDIMENSIONALI
NANOTUBI AL CARBONIO



Studi teorici e numerici sulle proprietà di superconduttori termici

THE MODEL



$$H = \sum_{i=1}^{N} \left[\frac{p_i^2}{2m_i} + V(q_{i+1} - q_i) + U(q_i) \right],$$

m_i particle mass

$V(\cdot)$ potential energy of internal interactions

$U(\cdot)$ on-site potential

HEAT FLUX

$$j_i = \frac{1}{2}(q_{i+1} - q_i)(p_{i+1} + p_i) f(q_{i+1} - q_i) + p_i h_i$$

$j_i = \frac{a}{2}(p_i + p_{i+1}) f_{i+1}$ (in the limit of small fluctuations)

$a =$ lattice spacing

$f_{i+1} = f(q_{i+1} - q_i) =$ force due to the $i \to (i+1)$ particle interaction

$j_i = \frac{1}{2} p_i^3$ (for an ideal gas)

THERMAL CONDUCTIVITY

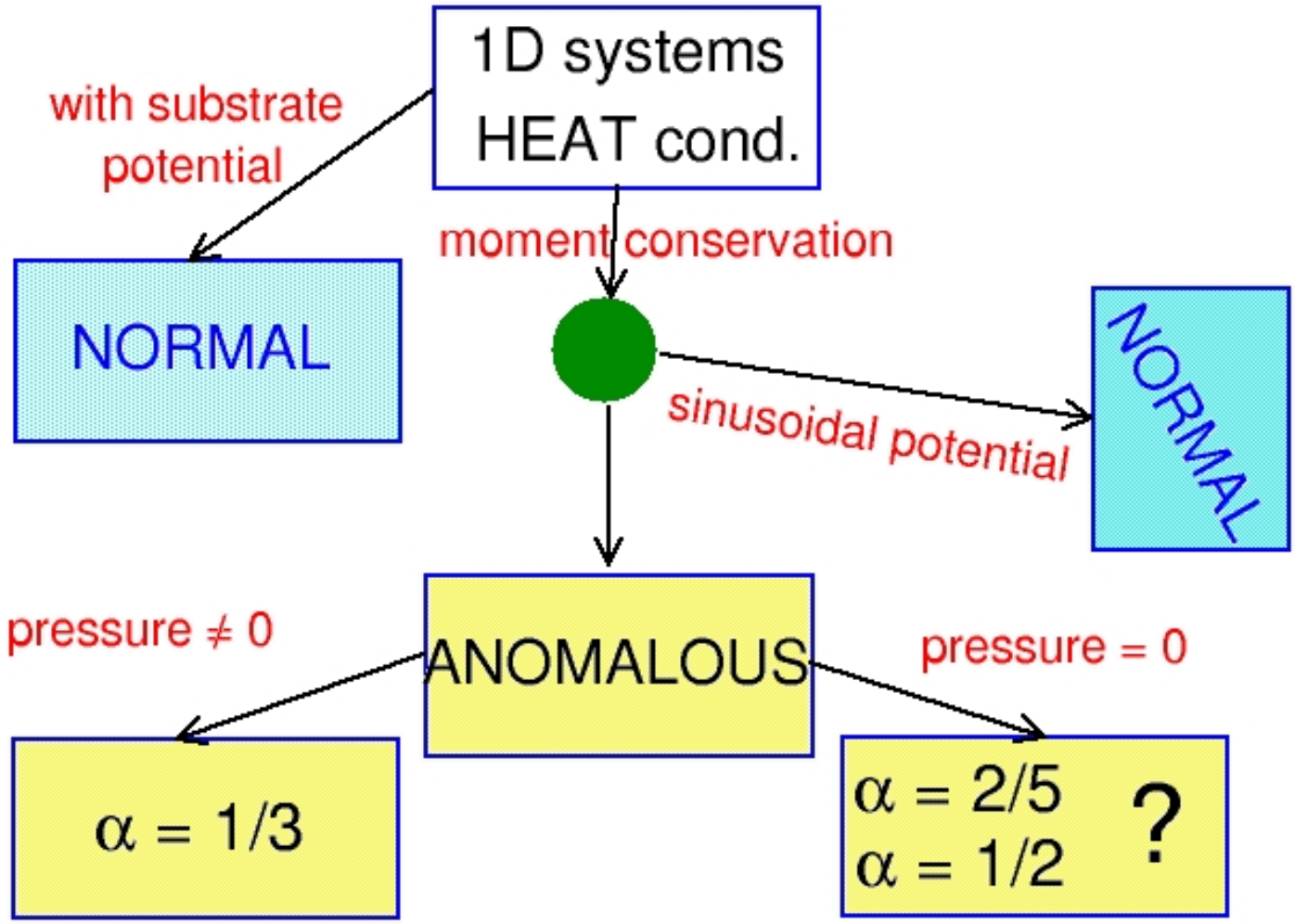
$$\kappa(L) = \frac{\texttt{average heat flux}}{\texttt{thermal gradient}}$$

normal behaviour

$$\kappa(L)_{\lim L \to \infty} \qquad \texttt{finite}$$

sub/super conductive behaviour ($\alpha < 0, > 0$)

$$\kappa(L)_{\lim L \to \infty} \approx L^{\alpha}$$


1D systems
HEAT cond.
with substrate potential
NORMAL
moment conservation
sinusoidal potential
NORMAL
ANOMALOUS
pressure ≠ 0
α = 1/3
pressure = 0
α = 2/5
α = 1/2
?

STUDIO SPERIMENTALE E NUMERICO DI SINGOLE PROTEINE

misure di

forza su

singola molecola

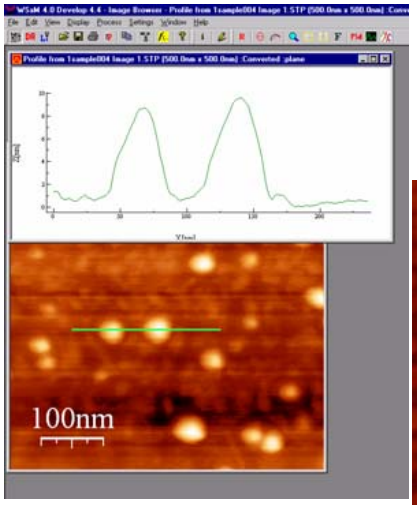
simulazioni di

dinamica

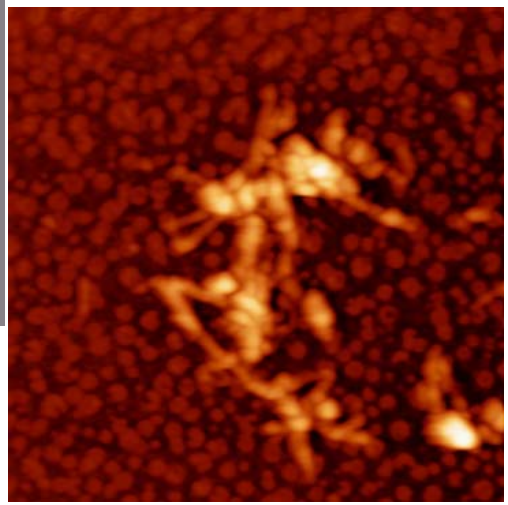
molecolare

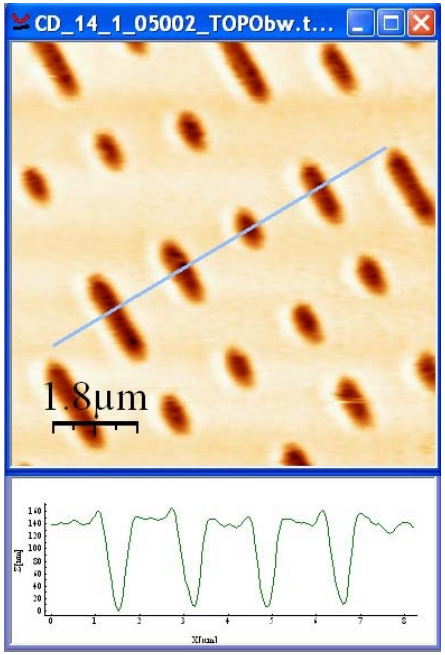
Microscopia a Scansione di sonda

Progettazione e realizzazione di AFM

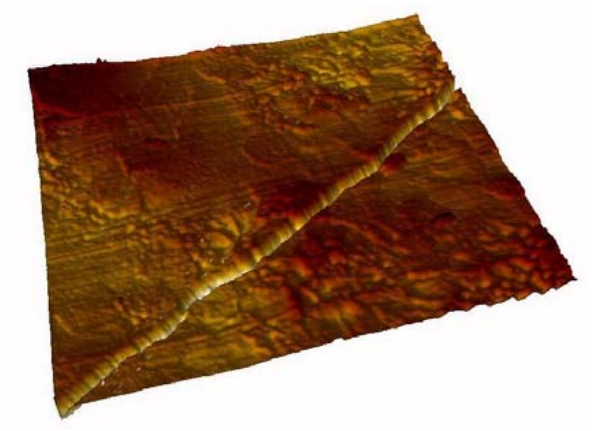


Aggregazione di proteine

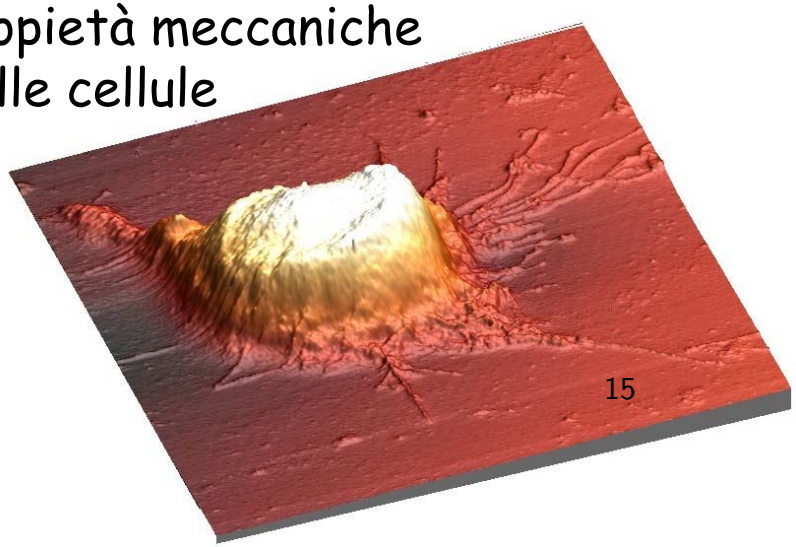




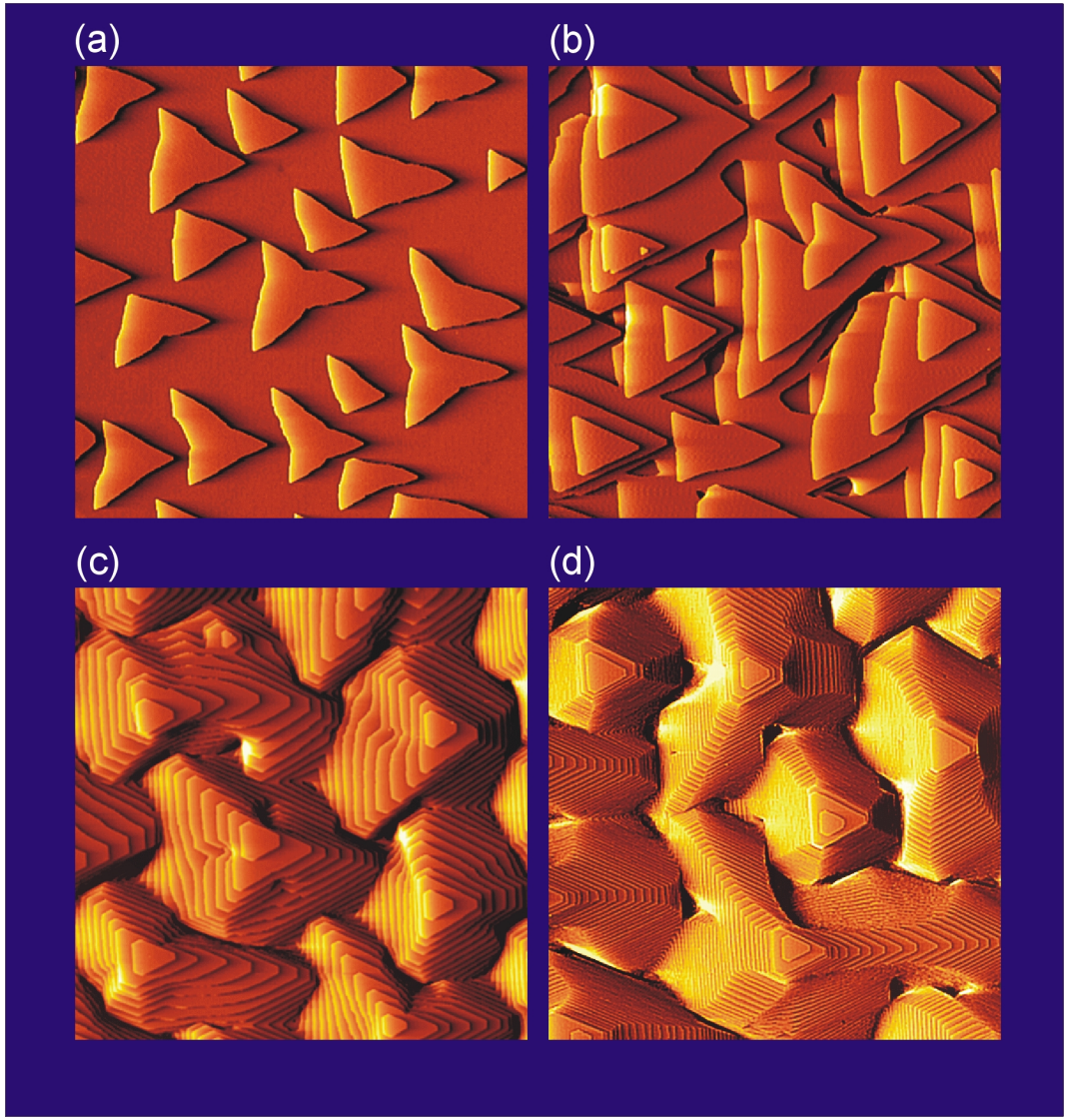
Materiali nanostrutturati



Propietà meccaniche delle cellule



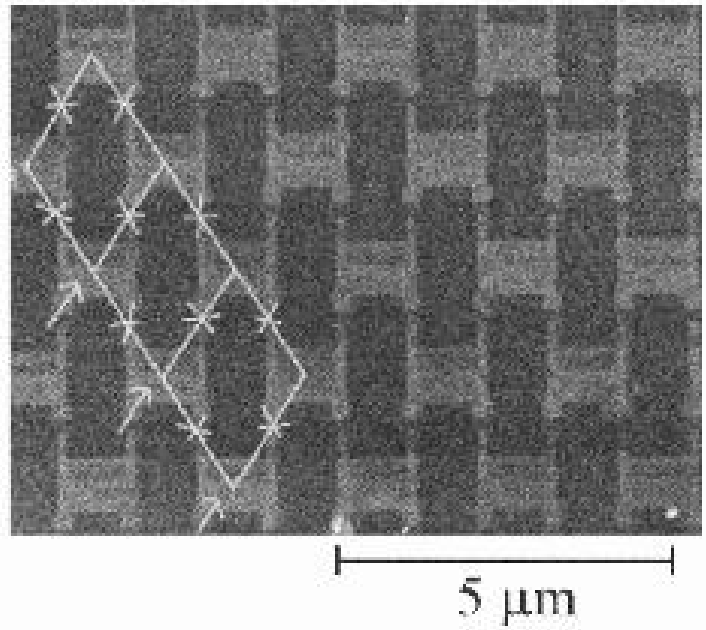
FENOMENI DI CRESCITA



SISTEMI QUANTICI: “ENTANGLEMENT”

informazione quantistica

come si può elaborare?



SEM photograph of a fabricated square array of Josephson junctions

l'immagazzinamento dell'idrogeno

www.fi.isc.cnr.it/idrogeno

Missione:

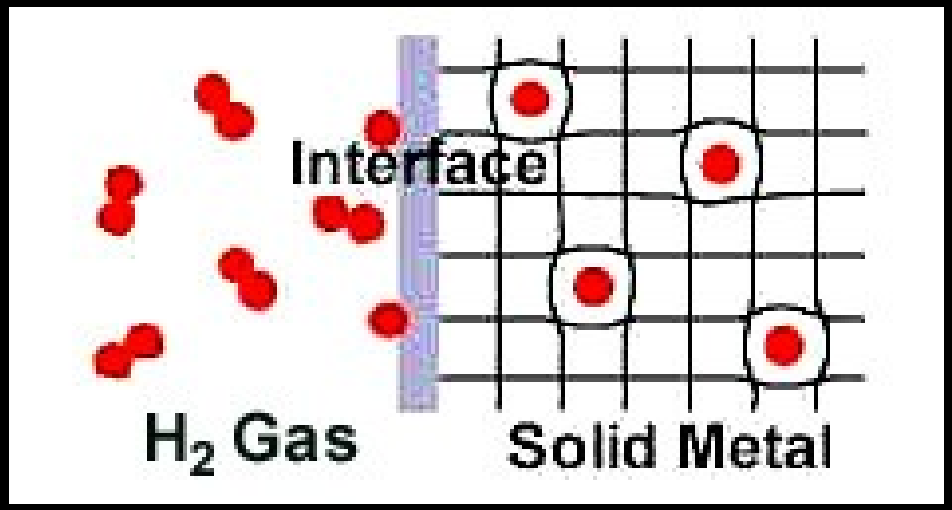
- Comprendere i materiali semplici
  ... per studiare quelli più complessi
- Migliorare le loro caratteristiche
- Suggerire, se possibile, nuovi materiali

Tecniche Sperimentali:

- Diffrazione
  - Determinare la struttura
  - Dove sono gli atomi!
- Spettroscopia
  - Determinare la dinamica
  - Cosa fanno gli atomi!

Immagazzinamento in matrice solida (idrogeno-atomico)

- Idrogeno Molecolare si dissocia sulla superficie.
- Idrogeno atomico migra nei siti interstiziali.
- Reazione Esotermica.

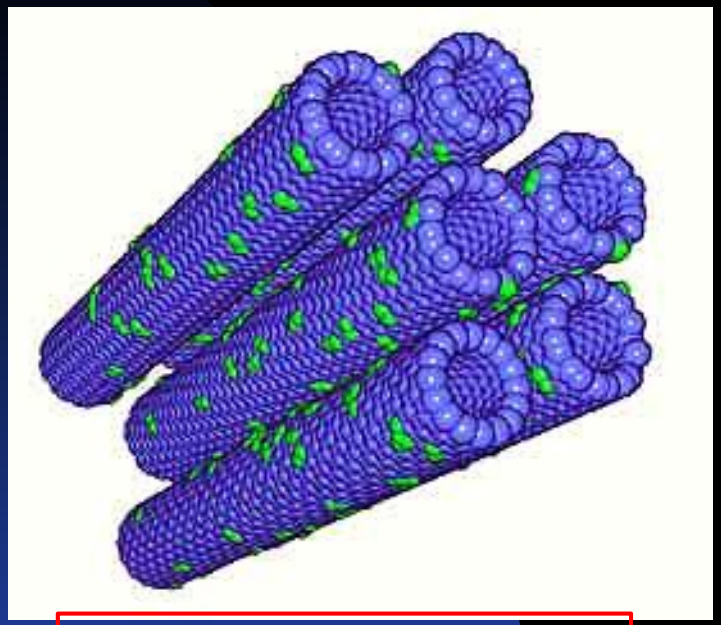


Idruro	Capacità (% peso)
$LiAlH_4$	10.6
$NaAlH_4$	7.5
$LiBH_4$	18.3
$NaBH_4$	10.7

Materiali più promettenti:

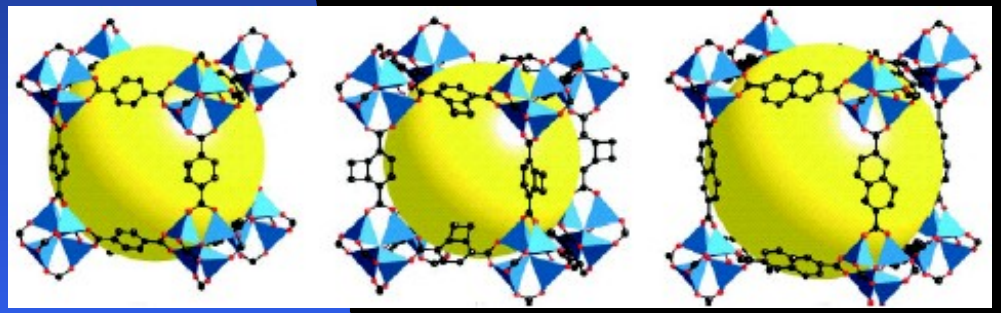
- Idruri complessi (Alanati e Boroidruri)

Immagazzinamento in matrice solida (idrogeno-molecolare)



Carbon Nanotubes

- Materiali con GRANDE rapporto superficie/volume
- Nanotubi, Zeoliti, MOF
- Idrogeno Molecolare viene adsorbito sulla superficie.
- Reazione quasi-reversibile.



Metal-Organic Frameworks (MOF)