



# Attività di Ricerca in Fisica a Lecce

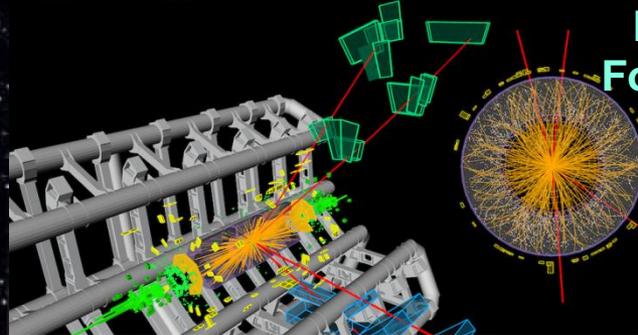
Astrofisica e  
Fisica dello  
Spazio



Fisica Teorica



Higgs Boson Discovery



Fisica delle  
Interazioni  
Fondamentali



ATLAS  
EXPERIMENT  
<http://atlas.cern>

Fisica  
Ambientale

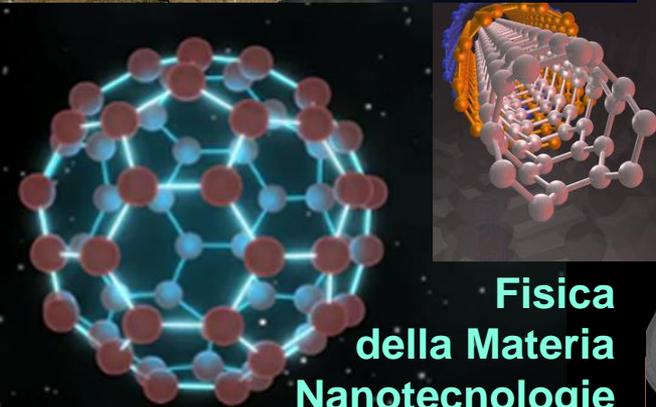


Dipartimento di Matematica e Fisica  
*"Ennio De Giorgi"*

Centro di Calcolo



Fisica  
della Materia  
Nanotecnologie

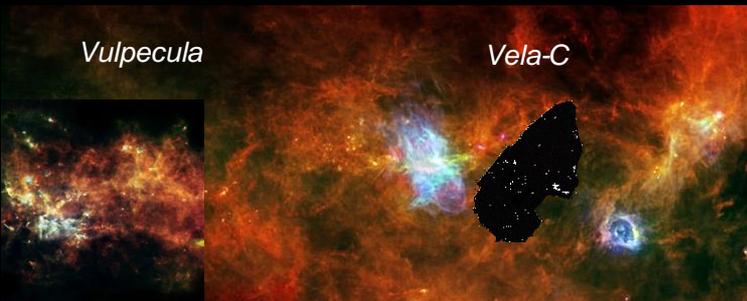


Fisica applicata  
alla Medicina e ai Beni Culturali



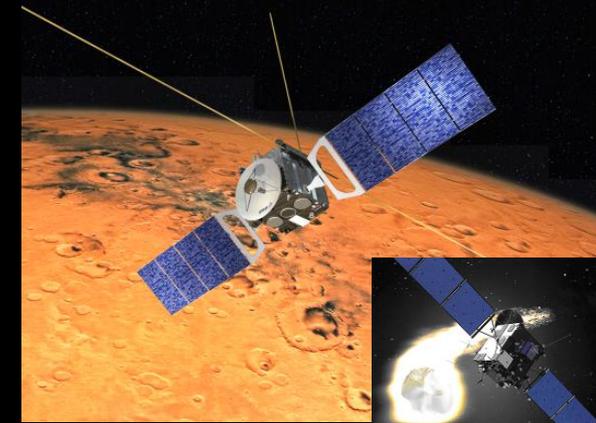
# Astrofisica e Fisica dello Spazio

L'Universo inteso come laboratorio per il gruppo di **Astrofisica di Lecce**



**ISMG** (Interstellar Medium Group) – studia i processi di formazione di nuove stelle dal mezzo interstellare. Il gruppo è anche coinvolto nell'analisi dei dati acquisiti dal satellite ESA **Herschel** per il key-project **Hi-Gal**.

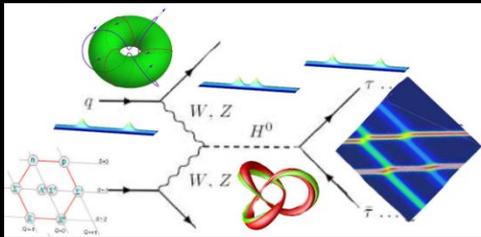
**CDG** (Cosmic Dust Group) – si occupa delle polveri cosmiche anche progettando strumentazione per esperimenti spaziali quali **Mars Express**, **Venus Express** e **Rosetta**. Il gruppo è leader nello studio ed interpretazione di spettri di interesse marziano.



**TAG** (Theoretical Astrophysics Group) – studia la materia oscura e gli effetti previsti dalla Teoria della Relatività Generale quali l'effetto di **lente gravitazionale**. È coinvolto nell'analisi dei dati di satelliti ESA e NASA (**Chandra**, **XMM-Newton** e **Integral**) per studiare oggetti compatti.



# Fisica delle Interazioni Fondamentali



Lecce ha una solida tradizione nello sviluppo di tecniche matematiche per la **Fisica Teorica** riguardo a: Meccanica Quantistica, teorie di campo (classiche non-lineari o quantistiche), teoria delle stringhe. Esse si applicano alla fisica delle particelle elementari, dei nuclei, della materia condensata, alla cosmologia.

Le ricerche di **Fisica Sperimentale** avvengono nell'ambito dell'Istituto Nazionale di **Fisica Nucleare**, in stretta collaborazione con la sezione di Lecce.



Da più di 20 anni Lecce collabora a **ATLAS**, esperimento al CERN di Ginevra che ha portato a scoprire il bosone di Higgs (Premio Nobel 2013) e altri esperimenti di violazione del numero leptonico carico (**MEG** al PSI di Zurigo e **MU2E** al Fermilab di Chicago)



Il gruppo di **Fisica delle Astroparticelle** di Lecce partecipa alla Collaborazione Internazionale dell'**Osservatorio Pierre Auger** in Argentina (il più grande rivelatore di raggi cosmici al mondo), e agli esperimenti **ARGO-YBJ** in Tibet e **DAMPE** su satellite.



# Fisica dell'Ambiente e del Clima



Le tecniche sviluppate per lo studio di atomi, molecole e materiali vengono applicate alla misura di vari parametri ambientali e di sostanze inquinanti, sia localmente che a distanza (*remote sensing*)

La **Terra** nella sua globalità è in prima approssimazione un **sistema fisico** e lo studio delle interazioni tra la radiazione solare e la superficie terrestre, insieme con la dinamica dei fluidi, sono alla base della **meteorologia** e della **climatologia**.



A Lecce è possibile imparare le più importanti tecniche sperimentali mirate allo studio dell'**atmosfera** e all'uso di modelli per l'evoluzione del **clima**.



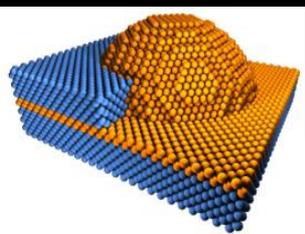
# Fisica della Materia e Nanotecnologie



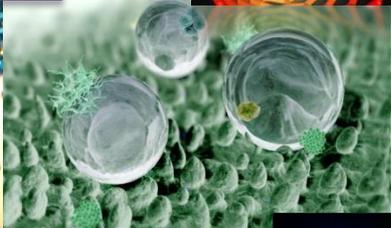
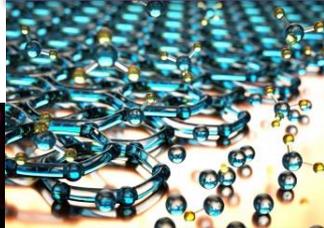
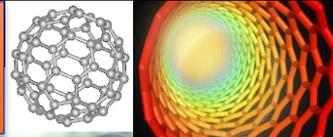
A Lecce vi è una delle più grandi *facilities* di ricerca a livello europeo nelle nanotecnologie:

- laboratori per circa 7.000 m<sup>2</sup>
- staff di oltre 150 unità
- strumentazione per svariati milioni di euro.

La ricerca spazia dagli studi fondamentali nella **fisica della materia** ai **nanomateriali** :



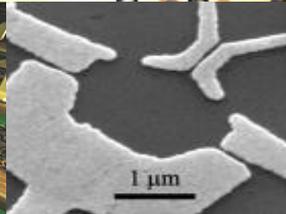
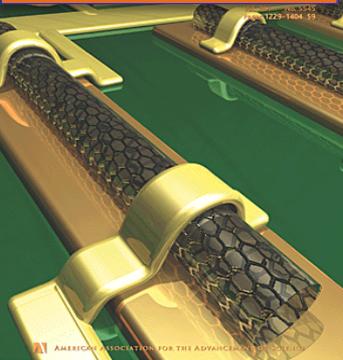
Nanomateriali e nanostrutture



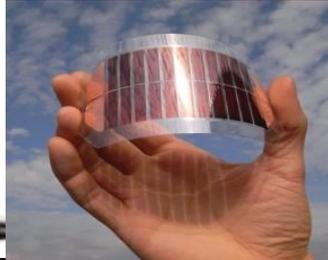
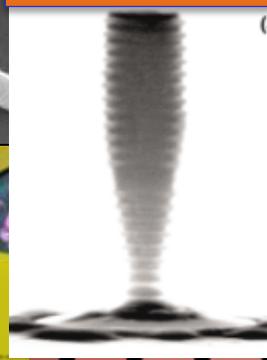
e le loro applicazioni:

Sensoristica

Elettronica



Fotonica



Nanomedicina

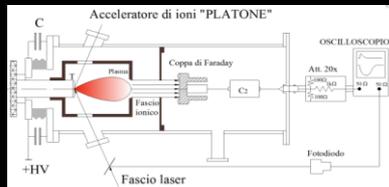




# Fisica Applicata

(beni culturali, ambientali, biologia e medicina)

Laboratorio di **Archeometria**: campagne di **diagnostica per il restauro** di opere di interesse **storico-artistico**, tra cui: David di Michelangelo (Firenze), Santa Croce (Lecce), Perseo di Cellini (Firenze) Cappella degli Scrovegni (Padova), Bronzi di Riace (R.Calabria)

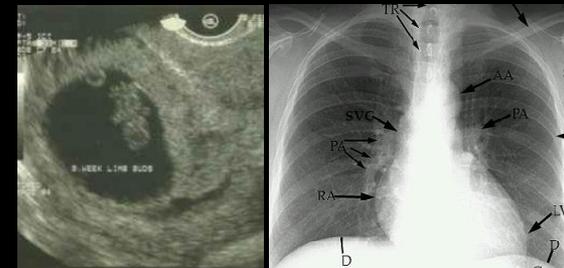


Laboratorio di **Elettronica Applicata e Strumentazione**: acceleratori per **scopi adroterapici**, laser per ricerche in biofisica (**antibiotici**) e stress elettromagnetici (**DNA**).

**CEDAD: CE**ntro di **DA**tazione e **DI**agnostica (Laboratori **CLAMS**, **OPTLAB** e acceleratore **TANDETRON**): ricerche in Scienza dei Materiali, Beni Culturali, Scienze Geologiche e Ambientali, Scienze Biomediche e Forensi mediante fasci ionici prodotti nell'acceleratore Tandetron, spettrometria di massa di isotopi stabili e radioattivi, spettroscopie con emissione di raggi X e raggi  $\gamma$ , datazione con il radiocarbonio .



Nel settore della **Medicina** molte tecniche di **diagnostica** derivano dalla **Fisica**: **Ecografia** (ultrasuoni), **Radiografia e TAC** (raggi X), **onde radio, PET** (annichilazioni  $e^-e^+$ , raggi  $\gamma$ ), **Risonanza Magnetica (RM)** **Radioterapia** per malattie oncologiche (medicina nucleare, raggi  $\gamma$ , adroni), **Individuazione automatica** di patologie (**Computer-Assisted Detection** software)





# Fisica Nonlineare e Fisica Matematica



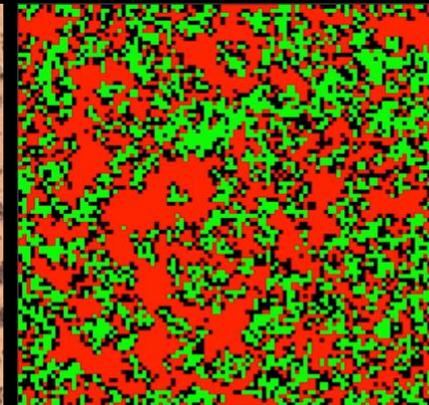
Lo studio dei **fenomeni non lineari** come le onde in acqua bassa o nei plasmi è modellato da equazioni differenziali alle derivate parziali come l'equazione di Kadomtsev-Petviashvily (KP):

$$u_{txx} + (uu_x)_x + \epsilon^2 u_{xxxx} + \lambda u_{yy} = 0$$

**Altra attività di ricerca** in Meccanica Quantistica, Sistemi Dinamici, ecc..

Studio di **transizioni critiche e segnali precoci in sistemi complessi**, in particolare applicazioni a processi di desertificazione.

**Altra attività di ricerca:** Sistemi Dinamici, in particolare Sistemi Dinamici Random





# Analisi Numerica e Matematica Applicata

Metodi numerici per equazioni differenziali - Applicazioni in

## BIOMECCANICA

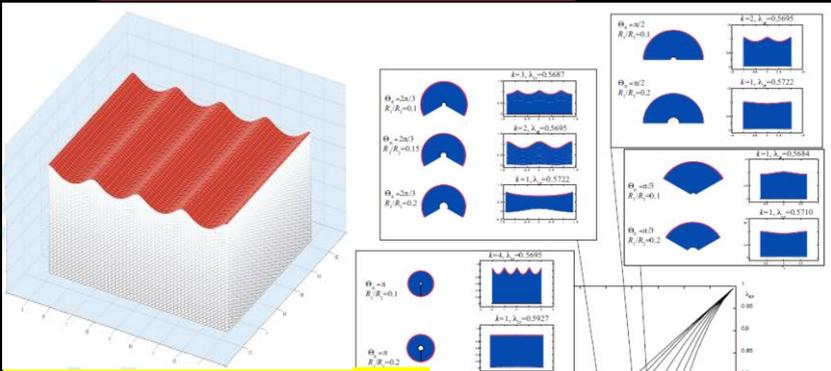
Formazione di rughe

ODE-BVP system

$$\frac{dy}{dx} = iG(x; W(\lambda), k, \theta) y \quad \varepsilon < x < 1,$$

$$y = [y_1, y_2, y_3, y_4]^T, \quad G \in \mathbb{R}^{4 \times 4}$$

$$y_3(\varepsilon) = y_4(\varepsilon) = y_3(1) = y_4(1) = 0$$

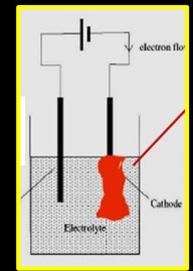


## ELETTROCHIMICA

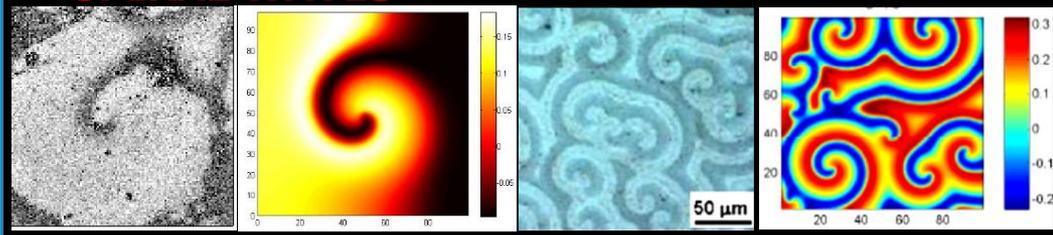
Crescita dei metalli- Strategia di controllo

REACTION-DIFFUSION PDEs

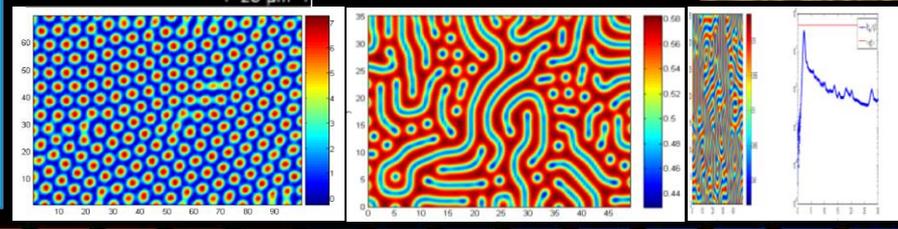
$$\begin{cases} \frac{\partial \eta}{\partial \tau^*} = \Delta \eta + \rho f(\eta, \theta), \\ \frac{\partial \theta}{\partial \tau^*} = d \Delta \theta + \sigma g(\eta, \theta), \end{cases}$$



## SPIRAL WAVES

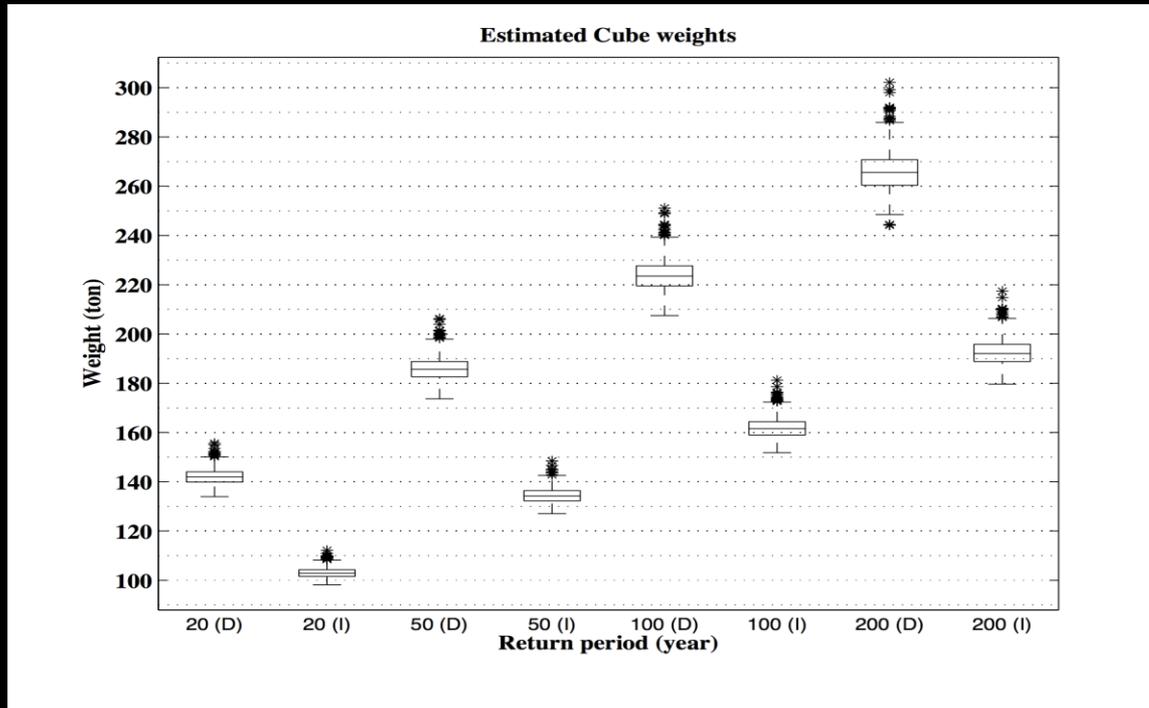


## TURING PATTERNS





# Teoria della Probabilità e Applicazioni



Studio della Teoria delle Copule per la modellizzazione di variabili aleatorie dipendenti. Applicazioni alla finanza e alle scienze ambientali, ad es. miglioramento della progettazione di strutture, analisi del rischio di cedimento, caratterizzazione di scenari d'azzardo.

Riconoscimenti: 2009 Best Paper Award (Watershed Council, USA),  
2015 Best Paper Award (Int. Ass. Hydr. Sci.)



# Analisi Matematica



Sulle orme del grande matematico  
E. De Giorgi!

Equazioni alle derivate parziali di tipo  
ellittico e parabolico. Teoria spettrale per  
operatori ellittici.

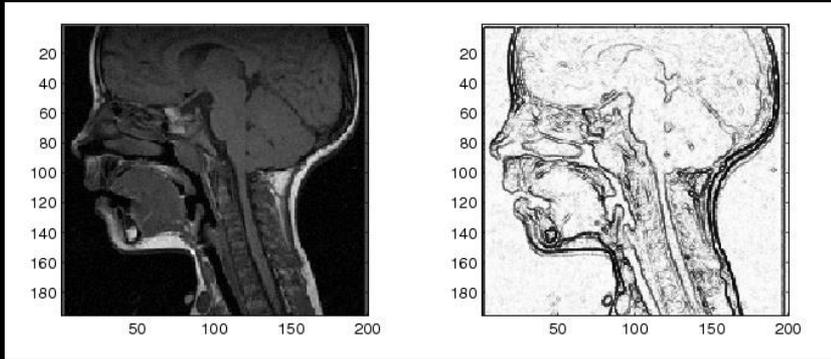
Teoria dell'approssimazione.

Calcolo delle Variazioni. Applicazioni  
all'elaborazione numerica delle immagini.

$$(1 + u_x^2)u_{yy} - 2u_x u_y u_{xy} + (1 + u_y^2)u_{xx} = 0$$



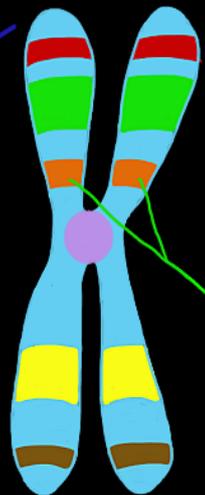
# Analisi Matematica: Applicazioni



Segmentazione di immagini



Restauro di immagini e rimozione del testo



gene - a heritable factor that can control a specific characteristic.

alleles - specific forms of a gene differing by one or a few bases and occupying the same gene locus.

Equazione di Wright-Fischer:

frequenza di  $d+1$  alleli al passare di generazioni con selezione, migrazione, mutazione

$$u_t = \sum_{i,j=1}^d (\delta_{ij}x_i - x_i x_j) D_{ij} u + \sum_{i=1}^d \left( c_i - x_i \sum_{j=1}^{d+1} c_j + \sum_{j=1}^{d+1} (\delta_{ij}x_i - x_i x_j) \sigma_j + \sum_{j=1}^{d+1} \nu_{ij} x_j \right) D_i u$$

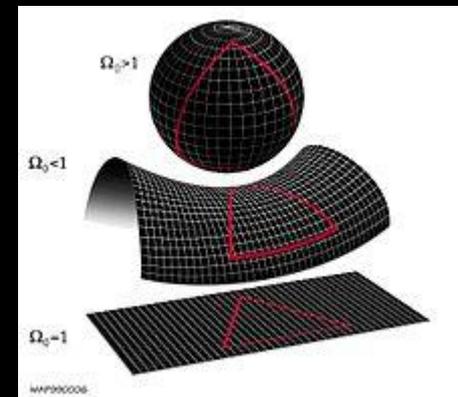
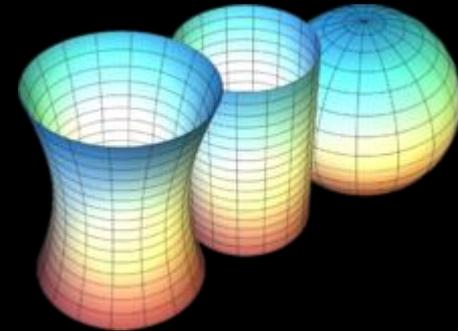


# Geometria Differenziale

AREA DI RICERCA: GEOMETRIA RIEMANNIANA E PSEUDO-RIEMANNIANA: studio delle proprietà geometriche (con possibili applicazioni anche nell'ambito della Fisica) di un oggetto ("varietà") munito di una metrica, che induce una distanza tra i punti della varietà.

ARGOMENTI: strutture di contatto, varietà omogenee, proprietà di curvatura (con particolare riferimento ai Solitoni di Ricci, che svolgono un ruolo importante nello studio del flusso di Ricci), proprietà delle metriche  $g$ -naturali sulla varietà tangente, metriche su gruppi di Lie, geodetiche, armonicità e minimalità di campi vettoriali unitari.

Il gruppo di ricerca in Geometria ha un indice di produttività di 1.44, dove 1 è la media nazionale, il più alto del Dipartimento di Matematica e Fisica.





# Algebra e Geometria Combinatoria

Geometria Combinatoria: studio delle Strutture geometriche su un insieme finito di elementi. Applicazioni alla Crittografia, ai Codici Correttori di Errori, ecc..

Algebra: ricerca in

- Algebre di Lie modulari e Teoria delle Rappresentazioni;
- Gruppi ed altre strutture, equazione di Yang-Baxter;
- Teoria di Lie e geometria delle varietà associate.

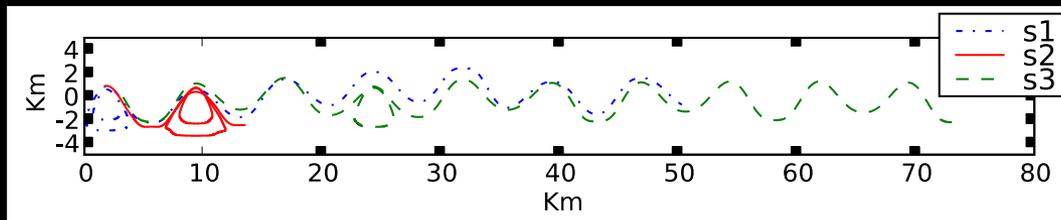


# Informatica



Teoria dei Giochi Algoritmica, con particolare enfasi alla quantificazione del prezzo dell'anarchia e della stabilità degli equilibri di Nash in varie situazioni di interesse sia pratico che teorico.

Internet of Things: reti di sensori mobili subacquei – modello di mobilità fisicamente realistica.  
Collaborazione Unisalento - UCLA





# Conclusioni

- La ricerca nel Dipartimento di Matematica e Fisica è stata valutata
- dal Ministero circa nella media nazionale (fonte: VQR 2004-2010).
- Questo implica che il Dipartimento ha avuto una *performance*
- superiore a quella della maggior parte dei Dipartimenti di
- Matematica o Fisica del Sud.
- La ricerca nel Dipartimento ha un elevato tasso di collaborazioni
- internazionali.
- La parte teorica della ricerca svolta nel Dipartimento non offre,
- per sua natura, facili possibilità di interazioni progettuali con enti
- o imprese locali.
- La grande quantità di pensionamenti nel prossimo triennio
- metterà a serio rischio la sostenibilità dell'offerta didattica,
- soprattutto nell'area Matematica.