



UNIVERSITÀ CATTOLICA DEL SACRO CUORE
SEDE DI BRESCIA

DIPARTIMENTO DI MATEMATICA E FISICA

“NICCOLÒ TARTAGLIA”





All'amico e collega
Massimo Sancrotti
che questo dipartimento
ispirò con il suo
appassionato impegno
e alimentò con la fecondità
delle sue ricerche

Indice



Presentazione	05
L'organizzazione del Dipartimento	07
Le risorse umane	08
Collaborazioni scientifiche	10
Curricula del personale docente	12

Attività di ricerca

Area Matematica

Algebra	22
Leggi di bilancio fondamentali della meccanica dei mezzi continui e applicazioni	24
Geometria proiettiva, metrica e combinatoria	26
Storia e didattica della matematica	28
Geometria complessa	30
Analisi matematica	31
Analisi numerica: equazioni alle derivate parziali	32
Utilizzazione di strumenti neuro-fuzzy per l'automazione del riconoscimento delle forme	34

Area Fisica

Fisica dei sistemi complessi	36
Interazione radiazione-materia e ottica non lineare	38
Fisica dei nanosistemi	40
Fisica teorica classica ed elettrodinamica	42
Teorie di campo di stringa e condensazione tachionica	44
Proprietà elettroniche di superfici, interfacce e strati sottili	46

Area Informatica

Valutazione delle prestazioni di servizi e infrastrutture Internet	50
Sviluppo di software per la didattica	52
Teoria dei sistemi e intelligenza artificiale	54



Area Ambiente

Fisica dell'ambiente: inquinamento atmosferico, cambiamenti climatici e loro impatti sugli ecosistemi	58
Economia e politica dell'ambiente e dello sviluppo sostenibile	60

Strutture di ricerca e didattica

I laboratori di ricerca

Laboratorio Nanoscience Fisica dei Nanosistemi	68
Laboratorio di Elettronica	65
BioLab	66
Laboratorio di Dinamiche ultraveloci in Sistemi condensati	66
Laboratorio di Fisica ambientale	68
Laboratori di Spettroscopia elettronica non-lineare (ELPHOS)	68
Laboratorio di Fisica delle Superfici e Spettroscopia	70

I laboratori didattici

Laboratori di Fisica 1, 2 e 3	73
Laboratorio di Optoelettronica	73
Laboratori di Ottica, Misure elettriche ed Elettromagnetismo	74
Laboratorio di Fisica moderna	74
Laboratorio di Elettronica	74

Centro di Ricerche per l'Ambiente e lo Sviluppo sostenibile della Lombardia (CRASL)	76
---	----

Il Seminario Matematico di Brescia	80
------------------------------------	----

Contatti e ringraziamenti	82
---------------------------	----

Presentazione

ANTONIO BALLARIN DENTI
DIRETTORE DEL DIPARTIMENTO

MARCO DEGIOVANNI
PRESIDE DELLA FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI

04

Il Dipartimento di Matematica e Fisica “*Niccolò Tartaglia*” della sede bresciana dell’Università Cattolica del Sacro Cuore ha ormai superato i suoi primi dieci anni di vita e può quindi tracciare un primo significativo bilancio della sua missione e delle sue attività. La sua prima peculiarità consiste nell’essere, circostanza abbastanza inusuale nel panorama universitario europeo, una struttura di ricerca in stretta corrispondenza con la parallela istituzione didattica della sua università, la Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali. La corrispondenza risiede nel fatto che tutti i ricercatori “strutturati” afferenti al Dipartimento sono anche docenti incardinati della Facoltà e viceversa. Ciò rende più organico ed efficace il rapporto di reciproca integrazione e fertilizzazione tra insegnamento e ricerca, dando vita ad una vera comunità scientifica in cui rapporti di collaborazione nella ricerca, metodologie didattiche e trasmissione critica del sapere sono intrecciati in modo stretto e fecondo. Ciò è indubbiamente favorito dal fatto che la nostra Facoltà ha le dimensioni appropriate per favorire ogni opportunità di comunicazione e di stimolanti relazioni umane tra colleghi e tra docenti

e studenti: circa venticinque docenti (costituenti come dicevamo, anche l’organico dipartimentale), poco più di duecento studenti, una decina di collaboratori tecnici e amministrativi. Una comunità in cui ci si conosce bene tutti e ci si frequenta tutti i giorni, ma dove al tempo stesso si alimentano intense e fruttuose collaborazioni esterne, inserite nella più vasta rete della comunità scientifica internazionale: insomma un piccolo ma laborioso “villaggio globale” della scienza. Il Dipartimento era stato istituito quando la Facoltà di Scienze aveva ampliato lo spettro della sua offerta formativa, affiancando al tradizionale corso di laurea in matematica, anche quelli in fisica, informatica e scienze ambientali. La serie, non sempre coerente, di successive “riforme” degli ordinamenti didattici, ciascuna con i suoi vincoli e requisiti, ha mutato più volte la struttura formale di questa offerta didattica che ora si articola nei quattro corsi di laurea (triennali e specialistici) in Matematica e in Fisica che tuttavia hanno mantenuto, sotto forma di *curricula*, i due filoni formativi delle scienze informatiche e delle scienze ambientali. La Facoltà partecipa inoltre a tre dottorati di ricerca (in Matematica, in Fisica e in Politica Economica)

che costituiscono altrettante opportunità di ricerca per il Dipartimento e di formazione *post-graduate* per i nostri studenti. L'attività di ricerca del Dipartimento è dunque articolata nelle quattro aree della Matematica, della Fisica, dell'Informatica e delle Scienze dell'Ambiente e del Territorio. Questo volumetto presenta, accanto ai profili dei nostri ricercatori, le principali linee di ricerca nelle quattro aree disciplinari di riferimento e illustra inoltre le attività dei laboratori, sia di ricerca che didattici, attivi nelle strutture dipartimentali. Accanto ai laboratori opera, all'interno delle strutture dipartimentali e formalmente incardinato nella Facoltà di Scienze, un centro di ricerca interdisciplinare - il CRASL (Centro di Ricerca per l'Ambiente e lo Sviluppo sostenibile della Lombardia) - destinato a diventare una struttura portante di ricerca di un'Alta Scuola di Ateneo sui rapporti tra uomo e ambiente visti nella triplice prospettiva delle scienze della natura, dell'economia e delle scienze umane e sociali. Le linee di ricerca esistenti e le attività, sia di ricerca applicata, sia di didattica evidenziano un'altra caratteristica peculiare del nostro Dipartimento:

e cioè il rapporto molto intenso di collaborazione tecnico-scientifica e di "servizio culturale" con le istituzioni di governo, con i soggetti economici e sociali, con il mondo della scuola secondaria e con gli operatori culturali presenti sul territorio bresciano e lombardo in generale. Numerose convenzioni sono state attivate in questi ultimi anni per lo svolgimento di attività di studio e ricerca applicata a problemi economici, tecnologici, ambientali e per la fornitura di *expertise* tecnica in vari organismi e progetti legati alla *governance* e allo sviluppo sostenibile del territorio. La nostra comunità si sente dunque globale e locale al tempo stesso. Le numerose pubblicazioni su autorevoli riviste scientifiche internazionali testimoniano il nostro inserimento in reti di eccellenza della ricerca di frontiera nel panorama mondiale e la presenza di tanti colleghi in progetti e iniziative locali evidenziano che restiamo fedeli a quel *genius loci* che fu anche del grande scienziato bresciano cui è dedicato il nostro Dipartimento, Niccolò Tartaglia, matematico e fisico, geniale nella scienza, aperto e disponibile verso la sua comunità, radicato nel suo ambiente civile e culturale. Un simbolo e un modello per il nostro impegno culturale e sociale di uomini di scienza.



L'organizzazione del Dipartimento

Il Dipartimento di Matematica e Fisica
“*Niccolò Tartaglia*” è situato presso
la sede del Buon Pastore
dell'Università Cattolica
del Sacro Cuore di Brescia,
in via Musei 41.

L'attività del dipartimento si svolge
prevalentemente su quattro aree
scientifiche fondamentali:

Matematica

Fisica

Informatica

Ambiente

rispetto alle quali elabora le proprie
linee di ricerca e fornisce il supporto
all'attività didattica della Facoltà
di Scienze Matematiche,
Fisiche e Naturali dell'Università
Cattolica del Sacro Cuore.

Le risorse umane del Dipartimento

08

Il personale strutturato

Professori e Ricercatori

Nome	e-mail	Interno tel.	Area Riferimento
Antonio Ballarin Denti	<i>a.ballarindenti@dmf.unicatt.it</i>	714	Ambiente
Carlo Banfi	<i>carlo.banfi@unicatt.it</i>	732	<i>professore emerito</i>
Francesco Banfi	<i>f.banfi@dmf.unicatt.it</i>	716	Fisica
Bruno Bigolin	<i>b.bigolin@dmf.unicatt.it</i>	715	Matematica
Fausto Borgonovi	<i>f.borgonovi@dmf.unicatt.it</i>	709	Fisica
Marco Degiovanni	<i>m.degiovanni@dmf.unicatt.it</i>	701	Matematica
Gabriele Ferrini	<i>g.ferrini@dmf.unicatt.it</i>	710	Fisica
Clara Franchi	<i>c.franchi@dmf.unicatt.it</i>	712	Matematica
Luca Gavioli	<i>luca.gavioli@unicatt.it</i>	723	Fisica
Giacomo Gerosa	<i>giacomo.gerosa@unicatt.it</i>	719	Ambiente
Claudio Giannetti	<i>c.giannetti@dmf.unicatt.it</i>	716	Fisica
Mario Marchi	<i>m.marchi@dmf.unicatt.it</i>	718	Matematica
Giovanna Marchioni	<i>g.marchioni@dmf.unicatt.it</i>	705	Matematica
Alfredo Marzocchi	<i>a.marzocchi@dmf.unicatt.it</i>	703	Matematica
Marco Marzocchi	<i>m.marzocchi@dmf.unicatt.it</i>	707	Matematica
Alessandro Musesti	<i>a.musesti@dmf.unicatt.it</i>	707	Matematica
Giuseppe Nardelli	<i>g.nardelli@dmf.unicatt.it</i>	711	Fisica
Stefania Pagliara	<i>s.pagliara@dmf.unicatt.it</i>	711	Fisica
Maurizio Paolini	<i>m.paolini@dmf.unicatt.it</i>	706	Matematica

Stefano Pareglio	<i>stefano.pareglio@unicatt.it</i>	724	Ambiente
Franco Pasquarelli	<i>f.pasquarelli@dmf.unicatt.it</i>	707	Matematica
Silvia Pianta	<i>s.pianta@dmf.unicatt.it</i>	717	Matematica
Germano Resconi	<i>g.resconi@dmf.unicatt.it</i>	721	Matematica
Luigi Sangaletti	<i>l.sangaletti@dmf.unicatt.it</i>	709	Fisica
M. Chiara Tamburini	<i>c.tamburini@dmf.unicatt.it</i>	731	Matematica
Daniele Tessera	<i>d.tessera@dmf.unicatt.it</i>	722	Informatica

Personale tecnico-amministrativo

Nome	Qualifica	e-mail	Interno tel.
Cristina Foglia	<i>Segreteria DMF-CRASL</i>	<i>cristina.foglia@unicatt.it</i>	754
Donatella Moresco	<i>Segreteria DMF</i>	<i>donatella.moresco@unicatt.it</i>	702

Assegnisti di ricerca

Nome	Area	e-mail	Interno tel.
Claudio Bosco	Ambiente	<i>claudio.bosco@unicatt.it</i>	751
Maria Chiesa	Ambiente	<i>maria.chiesa@unicatt.it</i>	751
Angelo Finco	Ambiente	<i>a.finco@dmf.unicatt.it</i>	751
Giovanna Gagliotti	Ambiente	<i>giovanna.gagliotti@unicatt.it</i>	751
Riccardo Marzuoli	Ambiente	<i>r.marzuoli@dmf.unicatt.it</i>	751
Stefano Oliveri	Ambiente	<i>stefano.oliveri@unicatt.it</i>	751
Stefano Pasotti	Matematica	<i>stefano.pasotti@unicatt.it</i>	717
Giancarlo Sileo	Ambiente	<i>giancarlo.sileo@uninsubria.it</i>	751

Collaborazioni scientifiche afferenti al Dipartimento

Matematica

Nome	e-mail	Interno tel.
Carla Alberti	<i>carla.alberti@tin.it</i>	717
Francesca Baresi	<i>fra.baresi@libero.it</i>	-
Marina Dalé	<i>marina@dmf.unicatt.it</i>	712
Roberto Lucchetti	<i>rec@como.polimi.it</i>	720
Antonio Marro	<i>antmarro@yahoo.it</i>	-
Maria Pia Perelli	<i>carlodar@tin.it</i>	-
Carla Peri	<i>carla.peri@unicatt.it</i>	-
Pierluigi Pizzamiglio	<i>pierluigi.pizzamiglio@unicatt.it</i>	251
Lorenzo Schiavina	<i>lorenzo.schiavina@unicatt.it</i>	720
Flavio Vassallo	<i>flavio.vassallo@unicatt.it</i>	
Angelo Zanella	<i>angelo.zanella@unicatt.it</i>	-
Claudio Perelli Cippo	<i>claper@mate.polimi.it</i>	720

Fisica

Nome	e-mail	Interno tel.
Natalia Andreeva	<i>n.andreeva@dmf.unicatt.it</i>	730
Maurizio Bertoni	<i>m.bertoni@dmf.unicatt.it</i>	741
Patrizia Borghetti	<i>p.borghetti@dmf.unicatt.it</i>	744
Emanuele Cavaliere	<i>e.cavaliere@dmf.unicatt.it</i>	730
Giancarlo Cavalleri	<i>g.cavalleri@dmf.unicatt.it</i>	732



Giuseppe Luca Celardo	<i>nicedirac@gmail.com</i>	704
Mirco Chiodi	<i>m.chiodi@dmf.unicatt.it</i>	730
Giovanni Drera	<i>g.drera@dmf.unicatt.it</i>	744
Mattia Fanetti	<i>mattia.fanetti@gmail.com</i>	704
Gianluca Galimberti	<i>g.galimberti@dmf.unicatt.it</i>	710
Iskandar Kholmanov	<i>iskandar.kholmanov@mi.infn.it</i>	733
Giovanna Malegori	<i>g.malegori@dmf.unicatt.it</i>	730
Fulvio Parmigiani	<i>fulvio.parmigiani@elettra.trieste.it</i>	708
Giuseppe Picchiotti	<i>g.picchiotti@dmf.unicatt.it</i>	720
Luca Spadafora	<i>luca.spadafora@gmail.com</i>	-
Ernesto Tonni	<i>e.tonni@dmf.unicatt.it</i>	704
Roberto Trasarti-Battistoni	<i>rtb@dmf.unicatt.it</i>	704
Enrico Zaglio	<i>e.zaglio@dmf.unicatt.it</i>	741

Informatica

Nome	e-mail	Interno tel.
Andrea Pollini	<i>a.pollini@dmf.unicatt.it</i>	720
Giovanni Sacchi		706

Ambiente

Nome	e-mail	Interno tel.
Gianfranco Bertazzi	<i>g.bertazzi@dmf.unicatt.it</i>	720
Luciano Canova		750
Maria Luisa Venuta	<i>marialuisa.venuta@unicatt.it</i>	750
Paolo Seminati	<i>paolo.seminati@unicatt.it</i>	750

Le risorse umane del Dipartimento

Curricula del personale docente

ANTONIO BALLARIN DENTI

Dopo la laurea in Fisica (1973) si occupa di biofisica cellulare e molecolare prima come ricercatore del CNR poi come *research associate* presso la Yale University. Professore associato nel 1987 all'Università di Torino e poi di Milano, *visiting professor* alla Yale University, entra nel 2000 come ordinario nella Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali dell'Università Cattolica. Insegna Termodinamica, Fisica dell'Ambiente e Laboratorio di Fisica dell'Ambiente. I suoi interessi di ricerca riguardano l'inquinamento atmosferico e i suoi impatti sugli ecosistemi, relazioni tra meteorologia e fenomeni di inquinamento, misura e modellizzazione di inquinanti gassosi. Si occupa inoltre di aspetti tecnologici di sistemi energetici a base rinnovabile e di analisi di rischio ambientale. Autore di oltre 150 pubblicazioni, editore di libri di proceedings e di divulgazione scientifica, è stato responsabile di diversi progetti di ricerca CNR e MURST, partecipa a gruppi di lavoro internazionali sulla valutazione degli effetti dell'inquinamento, è coordinatore scientifico della Fondazione Lombardia per l'Ambiente. Attualmente è direttore del Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università Cattolica e del Centro di Ricerche sull'Ambiente e lo Sviluppo sostenibile della Lombardia (CRASL).

FRANCESCO BANFI

Laurea in Fisica all'Università degli Studi di Pavia. Dottorato di Ricerca in Fisica presso l'Università degli studi di Pavia (2004): "*Aspects of Electron Dynamics in Low Dimensional Systems Based on Metal Surfaces and Semiconductors Heterojunctions*". Attività di Dottorato svolta presso il laboratorio NEST-SNS Pisa (2000-2002) e il laboratorio ELPHOS-Università Cattolica di Brescia (2002-2004). Post-doc presso ELPHOS Lab-Università Cattolica Brescia (2004) e Département de Physique de la Matière Condensée-Université de Genève (2005-2007). Ricercatore a tempo determinato dal 2007 presso il Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università Cattolica. Tiene attualmente il corso di Ottica Coerente ed esercitazioni di Fisica dello Stato Solido presso la Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Università Cattolica con sede a Brescia. I suoi interessi riguardano la fisica dei sistemi a bassa dimensionalità, fotoemissione non-lineare e fotocatodi ultraveloci.

BRUNO BIGOLIN

A sette anni inizia lo studio del latino e, insieme con i primi interessi per la Matematica e le Scienze Naturali, impara a guidare su un camion americano di provenienza bellica. Laureato a Pisa l'8 luglio 1968. Assistente incaricato di Analisi Matematica



per il 1968/69; poi, in seguito a concorso, Assistente ordinario della stessa disciplina dal 1 novembre 1969.
Ha compiuto studi di perfezionamento all'Università Paris VII (1971), poi alla Oregon State University (1974-76).
Professore straordinario di Geometria Descrittiva all'Università di Napoli nel 1977, dal 1978 è Professore (prima straordinario poi ordinario) di Geometria presso l'Università Cattolica del Sacro Cuore, sede di Brescia.
È membro corrispondente della European Academy of Sciences.

FAUSTO BORGONOVÌ

Laureato in Fisica all'Università degli Studi di Milano nel 1984.
Dottorato di Ricerca in Fisica presso l'Università degli studi di Pavia (1989).
Borsista post-doc presso l'Università degli Studi di Pavia e presso il Laboratorio di Chimica Quantistica di Tolosa (Francia) dal 1990 al 1993.
Ricercatore di Fisica Teorica (settore FISO2) dal 1993, quindi Professore di II fascia di Struttura della Materia (settore FISO3) dal 2006 presso il Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università Cattolica.
Tiene attualmente i corsi di Meccanica Quantistica e di Meccanica Statistica presso la Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Università Cattolica con sede a Brescia.
È autore di circa 60 pubblicazioni su riviste

internazionali e collabora in qualità di Referee con le riviste *Physical Review A, B, E, Physical Review Letters, Journal of Physics A, Physics Letters A, Physica D, Chaos*.
I suoi interessi scientifici riguardano lo studio dei sistemi complessi, il caos classico e quantistico, la meccanica statistica dei sistemi interagenti, i computer quantistici e le misure di singolo spin.

MARCO DEGIOVANNI

Laureato in Matematica all'Università degli Studi di Pisa e Diplomato in Matematica alla Scuola Normale Superiore di Pisa nel 1978.
Perfezionando in Matematica alla Scuola Normale Superiore fino al 1981, anno in cui diventa ricercatore di Analisi matematica presso la medesima Scuola. Professore di II fascia di Analisi matematica dal 1988 presso l'Università degli Studi di Brescia.
Professore di I fascia di Analisi matematica (settore MAT/05) dal 1990 presso l'Università Cattolica del Sacro Cuore. Tiene attualmente, presso la Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali dell'Università Cattolica con sede a Brescia, i corsi di Analisi matematica 1 e 2, Approfondimenti di analisi matematica 1, Istituzioni di analisi superiore 1, Logica e teoria degli insiemi e, ad anni alterni, Teoria della misura ed Equazioni differenziali.
È autore di circa 60 pubblicazioni su riviste internazionali e collabora con molte di queste in qualità di referee. I suoi interessi scientifici riguardano i metodi variazionali, principalmente applicati allo studio delle equazioni differenziali non lineari, e i

fondamenti della meccanica dei continui.
È attualmente preside della Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali.

GABRIELE FERRINI

Formazione: Laurea in Fisica, LENS (European Laboratory for Nonlinear Spectroscopy), Università di Firenze, Novembre 1993.
Dottorato di Ricerca in Fisica, Politecnico di Milano, Febbraio 1998.
Dopo il dottorato di ricerca ha ricoperto i seguenti ruoli: Novembre 1997-Ottobre 1998, Ricercatore post-doc sotto contratto INFN-TASC (Trieste) sul Progetto di Ricerca Avanzata ELPHOS, Ottobre 1998 - Gennaio 2001, Tecnologo in spettroscopia ottica, INFN-Unità di Ricerca di Pavia.
Dal Febbraio 2001, Ricercatore presso il Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università Cattolica, sede di Brescia, dove tiene attualmente i corsi di Elettromagnetismo, Elettrodinamica e Ottica nonlineare.
È autore di oltre venti pubblicazioni su riviste internazionali, circa trenta contributi a conferenze (orali e/o pubblicazione di proceedings), ha partecipato, anche come coordinatore, a diversi progetti di ricerca finanziati dal Miur e altre istituzioni, collabora come referee con *Physical Review B* e *Physical Review Letters*.
È impegnato principalmente nello studio di tematiche di fisica dello stato solido come sperimentale.

CLARA FRANCHI

Laureata in Matematica presso l'Università degli Studi di Padova nel 1997, ha conseguito il titolo di dottore di ricerca in Matematica presso l'Università degli Studi di Padova nel 2002. Dal 1 gennaio 2002 è prima ricercatrice, quindi dal 1 febbraio 2008 professore di II fascia di Algebra presso il Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università Cattolica del Sacro Cuore, sede di Brescia.
Tiene attualmente i corsi di istituzioni di Algebra Superiore 1 e 2 e di Algebra Superiore. Negli ultimi anni ha focalizzato i suoi interessi di ricerca sullo studio della struttura locale dei gruppi semplici finiti, in particolare i gruppi sporadici, e collaborando con studiosi italiani e stranieri. Partecipa regolarmente a convegni nazionali e internazionali presentando i propri risultati. Collabora in qualità di referee con alcune riviste internazionali.

LUCA GAVIOLI

Laureato in Fisica all'Università degli Studi di Modena nel 1992. Dottorato di Ricerca in Fisica presso l'Università degli studi di Modena (1997). Ricercatore post-doc presso Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN (USA) dal 1997 al 1998.
Ricercatore post-doc presso École Polytechnique Fédérale de Lausanne (Switzerland) e il Laboratoire pour l'Utilisation de Rayonnement Electromagnétique (LURE) (France) dal 1999 al 2001.
Assegnista di ricerca presso l'Università Cattolica di Brescia dal 2001 al 2005.



Ricercatore di Fisica della Materia (settore FISO3) dal 2005 presso il Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università Cattolica. Tiene attualmente i corsi di Elementi di meccanica newtoniana, Esercitazioni di dinamica dei sistemi di particelle, Fisica delle superfici, Metodi sperimentali della fisica moderna I presso la Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali dell'Università Cattolica di Brescia. Autore di 35 pubblicazioni su riviste internazionali e di 2 capitoli su libri internazionali, collabora in qualità di Referee con le riviste *Physical Review B*, *Physical Review Letters*, *Surface Science*, *Applied Surface Science*, *Advanced materials*. I suoi interessi scientifici riguardano lo studio dei sistemi nanostrutturati (proprietà elettroniche e morfologiche) autorganizzati come nanotubi, grafene, molecole organiche su superfici, cluster metallici, e lo studio di nanosistemi ottenuti con sorgente supersonica come cluster di ossido di titanio o cluster di carbonio.

GIACOMO GEROSA

Laureato in Scienze Ambientali all'Università degli Studi di Milano nel 1997. Dottorato di Ricerca in Ecologia Agraria presso l'Università degli studi di Milano (2002). Insegnante di Liceo fino al 2006 e docente a contratto di Controllo dell'Inquinamento ed Ecotossicologia presso l'Università Cattolica dal 2003. Ricercatore di Chimica Agraria (settore AGR13) dal 2006 presso il Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università Cattolica. Tiene attualmente i corsi di Biologia, Ecologia, Ecotossicologia e Micrometeorologia presso la Facoltà di Scienze

matematiche, fisiche e naturali dell'Università Cattolica di Brescia.

È autore di circa 40 pubblicazioni su riviste internazionali e collabora in qualità di Referee con le riviste *Environmental Pollution*, *Atmospheric Environment*, *Water Air and Soil Pollution*, *Journal of Air & Waste Management Association*. I suoi interessi scientifici riguardano lo studio, la misura e la modellazione degli scambi gassosi ed energetici tra atmosfera ed ecosistemi e gli effetti degli inquinanti atmosferici sulla vegetazione, con particolare riguardo all'ozono.

CLAUDIO GIANNETTI

Laureato in Fisica all'Università degli Studi di Milano nel 2001. Dottorato di Ricerca in Fisica presso l'Università degli Studi di Milano (2004). Borsista post-doc presso il Sincrotrone di Trieste (ELETTRA) e presso il Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università Cattolica del Sacro Cuore (2005-2007). Dal 2007 ricercatore di Fisica della Materia Condensata (settore FISO3) presso il Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università Cattolica. Attualmente tiene il corso di Elettronica Quantistica e le esercitazioni del corso di Elettromagnetismo I e II presso la Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali dell'Università Cattolica di Brescia. È autore di 12 pubblicazioni su riviste internazionali e, negli ultimi anni, ha esposto i risultati delle sue ricerche in 8 conferenze internazionali. Attualmente collabora con l'Università di Ginevra, l'Università degli Studi di Ferrara, il Centro di Nanotecnologie

di San Sebastian (Spagna), l'Università degli Studi di Perugia, l'Università di Stanford (USA), il Sincrotrone di Trieste, l'Università Federico II di Napoli e l'Università degli Studi di Brescia. I suoi interessi scientifici riguardano lo studio delle dinamiche elettroniche di non-equilibrio nei metalli, la spettroscopia ottica risolta in tempo di sistemi fortemente correlati e superconduttori ad alta temperatura critica, lo studio delle proprietà termodinamiche e meccaniche sulla scala dei picosecondi di sistemi nanostrutturati e la dinamica magnetica di nanostrutture metalliche.

MARIO MARCHI

Professore di I fascia dal 1987, è Ordinario di Geometria presso la Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali dell'Università Cattolica di Brescia.

La sua attività di ricerca scientifica si situa nell'ambito dei Fondamenti della Geometria e della Geometria Combinatoria: i suoi studi più recenti riguardano le geometrie non euclidee (e la loro classificazione) in spazi assoluti generali, nonché gli spazi di rette dotati di gruppi o insiemi regolari di automorfismi. Parallelamente, egli svolge molteplici attività nel campo della formazione degli Insegnanti di Matematica: è stato membro di numerose Commissioni Ministeriali finalizzate alla stesura dei Programmi di insegnamento della Matematica nei diversi ordini di scuole oppure alla Valutazione del Sistema dell'Istruzione oppure ancora al miglioramento del Sistema scolastico di formazione relativo alla Matematica.

Attualmente è anche Coordinatore dell'Indirizzo Fisico-Informatico-Matematico della Scuola di Specializzazione per l'Insegnamento Secondario (SSIS) di questa Università.

Autore di più di 100 pubblicazioni su riviste nazionali e internazionali, che riguardano sia il campo della ricerca scientifica di base, sia le problematiche più generali collegate alla formazione matematica, il prof. Marchi ha un'intensa attività di relazioni scientifiche con alcune delle principali Scuole tedesche di geometria ed è anche impegnato nella promozione della ricerca scientifica. È stato inoltre membro della Commissione Scientifica dell'Unione Matematica Italiana (U.M.I.) e dal 2001 è socio corrispondente dell'Accademia Nazionale di Scienze, Lettere ed Arti di Modena.

GIOVANNA MARCHIONI

Laureata in Matematica presso l'Università Cattolica del Sacro Cuore nel 1981. Ricercatore di Analisi Matematica (settore MAT05) dal 1984. Tiene attualmente i corsi di esercitazione di Analisi Matematica 3, Complementi di Analisi Matematica, Istituzioni di Analisi Superiore presso la Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Brescia. I suoi interessi scientifici riguardano l'analisi microlocale, la regolarità analitica e Gevrey delle soluzioni delle equazioni alle derivate parziali e lo studio delle curve complesse sul fibrato conormale ad una sottovarietà CR dello spazio complesso



ALFREDO MARZOCCHI

Ha conseguito nel 1983 la laurea in Matematica presso l'Università Cattolica del Sacro Cuore, quindi il Dottorato di ricerca presso l'Université de Paris-Sud (1990). Ricercatore universitario dal 1988 al 2000 presso il Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università Cattolica di Brescia, quindi professore di II fascia dal 2000 al 2004 presso il Dipartimento di Matematica della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Brescia, dal 2004 è professore di I fascia (settore MAT/07) presso il Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università Cattolica di Brescia. Tiene come principali insegnamenti i corsi di Meccanica Razionale e Analitica, Istituzioni di Fisica Matematica. Interessi scientifici e attività di ricerca riguardano: la meccanica dei continui (equazioni di bilancio della Meccanica dei Continui e loro formulazione nell'ambito della teoria geometrica della misura) e i suoi fondamenti; le equazioni di evoluzione della Fisica Matematica. È responsabile locale dal 2005 della sezione di Matematica del progetto nazionale "Lauree Scientifiche".

MARCO MARZOCCHI

Laureato in Matematica all'Università Cattolica del Sacro Cuore di Brescia nel 1991.

Titolare di una borsa di studio e di ricerca dell'EULO dal 1991 al 1996 presso l'Università degli Studi di Brescia. Ricercatore di Analisi Matematica (settore MAT05) dal 1997. Tiene attualmente a supplenza i corsi di Analisi Matematica 3, Complementi di Analisi Matematica e Approfondimenti di Analisi Matematica presso la Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali dell'Università Cattolica di Brescia.

I suoi interessi scientifici riguardano il Calcolo delle Variazioni, con particolare riferimento alla teoria dei punti critici per funzionali non regolari.

ALESSANDRO MUSESTI

Si è laureato in Matematica nel 1997 presso l'Università Cattolica del Sacro Cuore, con la tesi: "Applicazioni degli insiemi di perimetro finito alla Meccanica dei continui". Ha conseguito il Dottorato di ricerca in Matematica nel 2002 presso l'Università degli Studi di Milano, (titolo della dissertazione: "Balance laws in Continuum Mechanics: a measure-theoretical approach"). È ricercatore universitario (settore MAT/07) dal 2003 presso il Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università Cattolica di Brescia. Tiene come principali insegnamenti i corsi di Dinamica dei fluidi e Istituzioni di Fisica Matematica.

Interessi scientifici e attività di ricerca riguardano: i fondamenti della Meccanica dei continui, con particolare riferimento allo schema generale delle equazioni di bilancio, alla formulazione debole mediante il principio

delle potenze virtuali e ai suoi legami con la Teoria geometrica della misura; i fondamenti della Meccanica dei fluidi; l'esistenza e non esistenza di soluzioni per problemi ellittici non lineari.

GIUSEPPE NARDELLI

Laureato in Fisica presso l'Università degli Studi di Trento. Dottorato di Ricerca in Fisica presso l'Università degli studi di Padova. Borsista post-doc presso il Center for Theoretical Physics del Massachusetts Institute of Technology. Ricercatore in Fisica Teorica (settore FISO2) dal 1990, quindi Professore di II fascia di Fisica Teorica (settore FISO2) dal 2006 presso la Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali dell'Università Cattolica, dove tiene attualmente i corsi di Metodi della Fisica Teorica, Fisica Teorica, Campi e Particelle. Associato all'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, presso il Gruppo Collegato di Trento.

È autore di numerose pubblicazioni su riviste internazionali, di un libro, referee di numerose riviste (*Physical Rev. D, Physical Review Letters, Nuclear Physics B, Physics Letters B, Ann. Phys etc.*). I suoi interessi scientifici riguardano lo studio delle teorie di gauge e le teorie di campo di stringa.

STEFANIA PAGLIARA

Laureata in Fisica all'Università degli Studi di Bari nel 1997. Dottorato di Ricerca in

Ingegneria dei Materiali presso l'Università degli Studi di Brescia (2002). Borsista post-doc presso l'Università Cattolica di Brescia dal 2003 al 2006. Ricercatore di Fisica Sperimentale (settore FISO1) dal 2006 presso il Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università Cattolica. Tiene attualmente i corsi di Dinamica dei Sistemi di Particelle, di Laboratorio di Fisica Moderna e di Metodi Sperimentali della Fisica Moderna 2 presso la Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali dell'Università Cattolica di Brescia. È autore di circa 35 pubblicazioni su riviste internazionali. I suoi interessi scientifici riguardano lo studio delle dinamiche elettroniche di superficie mediante spettroscopia di fotoemissione con impulsi laser ultra-corti e lo studio delle proprietà elettroniche di materiali a forte correlazione elettronica mediante spettroscopia di fotoemissione a raggi-X e UV.

MAURIZIO PAOLINI

Laureato in Matematica all'Università degli Studi di Pisa con diploma di licenza della Scuola Normale Superiore nel 1984. Ricercatore CNR presso l'Istituto di Analisi Numerica di Pavia dal 1986 al 1992. Professore di II fascia di Analisi Numerica (settore MAT08) dal 1992 presso l'Università degli Studi di Milano, quindi Professore di I fascia dal 1995 presso l'Università degli Studi di Udine, e trasferito nel 1997 al Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università Cattolica. Tiene attualmente i corsi di Analisi Numerica (due unità) e di Metodi di



Approssimazione presso la Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali dell'Università Cattolica di Brescia.

È autore di circa 70 pubblicazioni su riviste internazionali e atti di convegni. I suoi interessi scientifici riguardano la risoluzione numerica di equazioni alle derivate parziali di tipo ellittico e parabolico derivanti da problemi di transizione di fase, lo studio teorico dell'evoluzione per curvatura media di superfici in presenza di anisotropia estrema, tecniche variazionali per la segmentazione di immagini. È responsabile del progetto “*eduKnoppix*” per l'utilizzo di software open-source nelle scuole superiori e collabora alla gestione di gare di matematica per studenti delle scuole superiori.

STEFANO PAREGLIO

Laureato in Scienze Agrarie all'Università degli Studi di Milano nel 1989. Borsista CNR dal 1992 al 1994 per ricerche sulla valutazione economica delle risorse naturali, dal 1995 è ricercatore di Economia ed estimo rurale (settore AGR/01) presso l'Università degli Studi di Milano e dal 2004 Professore di II fascia presso il Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università Cattolica. Insegna Istituzioni di economia, Economia ambientale e Valutazione di impatto ambientale, oltre a Pianificazione all'Università degli Studi di Milano.

Dal 2000 è coordinatore del settore “Economia ambientale e sviluppo sostenibile” della Fondazione Lombardia per l'Ambiente (Milano). Dal 2007 è responsabile scientifico

della Scuola EMAS ed Ecolabel di Brescia e membro del Comitato direttivo del Centro di Ricerche sull'ambiente e lo sviluppo sostenibile della Lombardia (CRASL).

È autore di monografie e di circa 70 pubblicazioni su riviste nazionali e internazionali.

I suoi interessi scientifici riguardano l'economia e la politica ambientale, l'economia del benessere, la valutazione monetaria di beni e servizi ambientali, la pianificazione territoriale e ambientale.

FRANCO PASQUARELLI

Laureato in Matematica nel 1984 presso l'Università Cattolica del Sacro Cuore.

Borsista CNR dal 1984 al 1987. Ricercatore presso il Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università Cattolica dal 1984. Tiene attualmente i corsi di Analisi Numerica 3 e Modelli matematici per l'ambiente presso la Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali dell'Università Cattolica di Brescia.

I suoi interessi scientifici riguardano l'approssimazione numerica di equazioni a derivate parziali con metodi spettrali ed elementi finiti e approssimazione di moti per curvatura media in mezzi isotropi ed anisotropi.

SILVIA PIANTA

Laureata in Matematica all'Università Cattolica di Brescia, dal 1992 è Professore Associato di Geometria presso la Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali

della stessa Università, ove attualmente tiene i corsi di Geometria 1 e 2, Approfondimenti di Geometria 1, Geometria Superiore 1. Svolge ricerche in ambito algebrico-geometrico (spazi lineari, proiettivi e di traslazione, strutture algebriche correlate alla coordinatizzazione e agli automorfismi di spazi geometrici e di strutture combinatorie, fondamenti di geometria e legami tra geometrie metriche e algebre di quaternioni generalizzati) ed è autore di diverse pubblicazioni su riviste internazionali, ad alcune delle quali contribuisce anche come Referee.

Ha partecipato all'organizzazione di Convegni internazionali e di numerose Scuole estive di geometria e a programmi di ricerca internazionali (Nato 1990/92, Vigoni 1998/1999), collaborando con professori di varie Università europee (Monaco, Amburgo, Hannover, Sussex, Gent, Vienna, Alicante) e avviando alla ricerca numerosi giovani. È stata responsabile locale del PRIN "Strutture geometriche, combinatoria e loro applicazioni" dal 1997 al 2004 e di un progetto coordinato CNR interdipartimentale (in collaborazione col Dipartimento di Psicologia dell'Università Cattolica) dal 1999 al 2003. Inoltre dirige con il prof. Marchi il gruppo di ricerca di Geometria, Storia e Didattica della Matematica del Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università Cattolica.

GERMANO RESCONI

Laureato in Fisica presso l'Università degli Studi di Milano, è Professore Associato di Intelligenza Artificiale presso il Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università Cattolica di Brescia.

È autore di varie pubblicazioni riguardanti la teoria degli agenti, le teorie logiche dei sistemi, logiche a più valori con applicazioni alle logiche sfumate *fuzzy*. Inoltre si è dedicato con la collaborazione della facoltà di Ingegneria dell'Università statale di Brescia allo studio della robotica e della sua formulazione matematica.

Collabora poi con la facoltà di Ingegneria dell'Università di Pisa alla realizzazione matematica di nuove reti neurali utili alla soluzione di problemi di intelligenza artificiale riguardanti l'identificazione dei sistemi mediante processi morfogenetici. Con la Scuola Normale di Pechino è parte di un progetto per l'analisi dei rischi. Con l'Università di Berkeley collabora all'identificazione di un nuovo tipo di computazione e alla realizzazione di modelli simulanti tale tipo di computazione. Si interessa poi di computazione quantistica, computazione olografica e computazione morfogenetica.

Ha pubblicato lavori sul calcolo tensoriale, geometrie non euclidee e relatività generale.

LUIGI SANGALETTI

Laureato in Fisica all'Università degli Studi di Milano nel 1989. Dottorato di Ricerca in Fisica presso l'Università degli studi di Pavia (1992). *Visiting scholar* presso il Dipartimento di Fisica Applicata della Stanford University nel 1992. Borsista post-doc della FIRC presso il centro di ricerca sugli ioni pesanti GSI di Darmstadt dal 1993 al 1994. Ricercatore di Fisica Sperimentale (settore FISO1) dal 1999;



quindi, dall'Ottobre 2007, professore di II fascia di Struttura della Materia (settore FISO3) presso il Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università Cattolica di Brescia. Tiene attualmente i corsi di Elementi di Struttura della Materia, Struttura della Materia 2, Spettroscopia e Fisica dello Stato Solido presso la Facoltà di Scienze MM.FF. NN. dell'Università Cattolica. È responsabile locale del Progetto Lauree Scientifiche per la Fisica e membro del Consiglio Direttivo e della Giunta della Scuola di Dottorato di Ricerca in Fisica, Astrofisica e Fisica Applicata dell'Università degli Studi di Milano. È autore di più di 100 pubblicazioni su riviste internazionali e collabora in qualità di Referee con diverse riviste tra cui *Physical Review B*, *Physical Review Letters*, *Journal of Phys. Cond. Matter*. I suoi interessi scientifici riguardano lo studio sperimentale, finalizzato ad applicazioni nel campo della elettronica di spin e del fotovoltaico, delle proprietà elettroniche ed ottiche di ossidi ferromagnetici, di semiconduttori magnetici e di molecole biologiche, sia in *bulk* che come strati ultrasottili.

MARIA CHIARA TAMBURINI BELLANI

Laureata in Matematica presso l'Università degli Studi di Milano, vi ha poi prestato servizio come Assistente di ruolo alla cattedra di Algebra (di cui era titolare la prof.ssa Cesarina Tibiletti) e successivamente come Professore Associato. Dal maggio 1987 è Professore Ordinario di Algebra presso la Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e

naturali dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Brescia. È membro del Collegio dei Docenti della Scuola di Dottorato, consorzio Milano Bicocca-Università Cattolica. Svolge ricerca in Teoria dei Gruppi, ambito nel quale ha pubblicato circa 45 lavori. Ha collaborato con molti studiosi italiani e stranieri, soprattutto inglesi e russi. È regolarmente invitata a tenere conferenze in altre sedi e a convegni internazionali.

DANIELE TESSERA

Laureato in Ingegneria Elettronica presso l'Università degli Studi di Pavia nel 1993, ha conseguito il Dottorato di Ricerca in Ingegneria Informatica presso l'Università degli Studi di Pavia nel 1997. Titolare di una borsa di studio per attività di ricerca post-dottorato e di un assegno di ricerca fino al 2003 è stato *visiting scientist* presso il Dipartimento di Astrofisica dell'Università di Chicago (USA) e il Dipartimento di Matematica e Informatica degli Argonne National Laboratory, Illinois (USA). Dal 2004 è ricercatore universitario nel settore scientifico disciplinare "*Sistemi di Elaborazione delle Informazioni*" presso il Dipartimento di Matematica e Fisica dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Brescia. È autore di circa 30 pubblicazioni su riviste e convegni nazionale e internazionali. I suoi interessi scientifici riguardano lo studio delle prestazioni di sistemi complessi, tra i quali, i calcolatori paralleli e i servizi Internet Web 2.0.

Attività di ricerca

Area Matematica

22

Algebra

(M. Chiara Tamburini - Clara Franchi)

Parole chiave:

- teoria dei gruppi
- gruppi finiti
- gruppi semplici sporadici

Responsabili:

M. Chiara Tamburini (c.tamburini @dmf.unicatt.it)

Clara Franchi (c.franchi@dmf.unicatt.it)

Collaborazioni nazionali e internazionali:

Prof. Maxim Vsemirnov (Steklov Institute, San Pietroburgo),

Prof. Mario Mainardis (Università di Udine),

Dr. E.P.Vdovin (Università di Novosibirsk),

Prof. Ron Solomon (Ohio - State University)

Progetti in corso

- PRIN06 - Teoria dei gruppi e Applicazioni

L'attività di ricerca ha per oggetto la teoria dei gruppi e si può suddividere in tre principali ambiti di interesse.

Generazione di gruppi

Un gruppo si dice $(2,3,7)$ -generato quando può essere generato da due elementi di rispettivi periodi 2 e 3, il cui prodotto ha periodo 7. Un gruppo di Hurwitz è un gruppo finito $(2,3,7)$ -generato. L'inizio dello studio dei gruppi di Hurwitz risale al XIX secolo in connessione con lo studio delle superfici di Riemann: infatti il gruppo degli automorfismi di una superficie compatta di Riemann è di Hurwitz. È noto che molti dei gruppi semplici finiti sono di Hurwitz. Tuttavia, molte questioni sono ancora aperte. Questa ricerca si occupa di determinare il minimo n per cui il gruppo $\text{PSL}(n,q)$ è di Hurwitz. I metodi usati attingono alla rappresentazione dei gruppi e presuppongono l'utilizzo del software Magma-Cayley.

Caratterizzazione di alcuni gruppi semplici sporadici

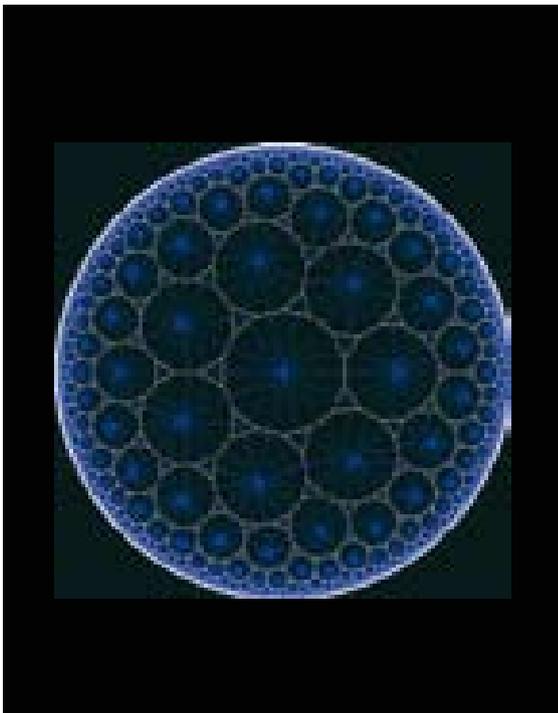
Uno dei risultati più importanti della matematica del XX secolo è la classificazione dei gruppi semplici finiti. Essa è stata realizzata grazie al contributo di numerosissimi studiosi nell'arco di circa quarant'anni. I 26 gruppi semplici sporadici rappresentano, all'interno del teorema di classificazione, una sorta di "anomalia" in quanto hanno caratteristiche particolari delle quali non si è ancora riusciti a dare una descrizione omogenea. Inoltre si è ormai convinti che essi abbiano legami con la fisica, che per il momento rimangono misteriosi. Lo scopo di questa ricerca è dare una nuova caratterizzazione di tre gruppi semplici sporadici: il gruppo di Lyons, il famoso Mostro e un suo sottogruppo chiamato Baby Mostro.



Sottogruppi di Carter

Un sottogruppo di un gruppo finito si dice di Carter se è nilpotente ed autonormalizzante. Ogni gruppo finito risolubile contiene esattamente una classe di coniugio di sottogruppi di Carter. Questa ricerca vuole dimostrare la seguente congettura: ogni gruppo finito ha al più una classe di coniugio di sottogruppi di Carter. La congettura è stata verificata per i gruppi semplici finiti. Si sta ora studiando la struttura dei sottogruppi nilpotenti massimali in certe estensioni dei gruppi lineari.

UNA TASSELLAZIONE DEL DISCO UNITARIO



Principali pubblicazioni

- C. Franchi, M. Mainardis, R. Solomon, *A characterization of HN*, J. Group Th. **11** (2008), - 357-369.
- C. Franchi, M. S. Lucido, M. Mainardis, *A characterization of the sporadic group of Lyons*, J. Algebra **319** (2008), 847-867.
- C. Franchi, *Abelian sharp permutation groups*, J. Algebra **283**, 1-5 (2005).
- C. Franchi, *Non-abelian sharp permutation p-groups*, Israel J. Math. **139**, 157-175 (2004).
- C. Tamburini and M. Vsemirnov *Hurwitz groups and Hurwitz generation* Invited Chapter, "Handbook of Algebra", edited by M. Hazewinkel, vol. **4**, 385-426 (Elsevier 2006).
- C. Tamburini and M. Vsemirnov *Irreducible (2,3,7)-subgroups of PGL(n,F), n < 8*, J. Algebra **300**, 339-362 (2006).
- C. Tamburini and A. Zalesskii, *Classical groups in dimension 5 which are Hurwitz*, Proceedings of the Gainesville Conference on Finite Groups, Walter De Gruyter (2004), 363-371.
- C. Tamburini and E. P. Vdovin *Carter Subgroups in Finite Groups*, J. Algebra **255**, n.1, 148-163 (2002).

Attività di ricerca

Area Matematica

24

Leggi di bilancio fondamentali della meccanica dei mezzi continui e applicazioni

(Alfredo Marzocchi - Carlo Banfi - Alessandro Musesti -
Marco Degiovanni - Gianfranco Bertazzi)

Parole chiave:

- mezzi continui
- equazioni di bilancio
- termodinamica razionale
- fluidodinamica
- modellizzazione

Responsabile:

Alfredo Marzocchi (a.marzocchi@dmf.unicatt.it)

Collaborazioni nazionali:

*Antonio DiCarlo (Università degli Studi di Roma Tre),
Maria Rosaria Lancia (Università di Roma "La Sapienza"),
Edie Miglio (Politecnico di Milano),
Paolo Podio-Guidugli, Giuseppe Tomassetti
(Università di Roma "Tor Vergata")*

Progetti in corso

- PRIN05 - "Modelli Matematici per la Scienza dei Materiali"

La ricerca si incentra sulle proprietà matematiche delle equazioni di bilancio della Meccanica dei corpi deformabili.

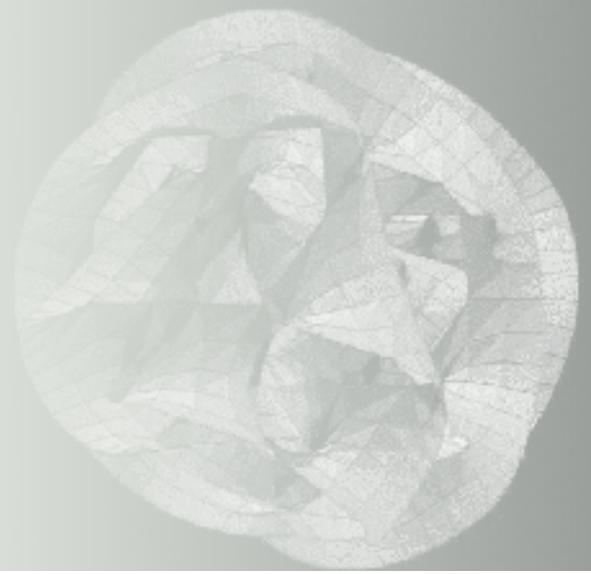
Queste equazioni sono fondamentali per l'impostazione di tutti i problemi matematici relativi a corpi deformabili, e si ritrovano tra l'altro in Termofluidodinamica, in Elasticità, in Plasticità. Sebbene esse siano note da oltre due secoli, è stato chiarito solo in tempi recenti che esse conservano la loro validità anche quando le sollecitazioni che vi compaiono non sono delle funzioni regolari, ma, ad esempio, ammettono singolarità quali sforzi o flussi concentrati.

Anzi, è emerso che proprio l'impostazione più originaria, basata sul concetto di potenza virtuale, si è rivelata più feconda di sviluppi e generalizzazioni.

Lo studio delle suddette equazioni potrebbe quindi gettar luce su proprietà generali delle soluzioni di molti problemi di natura applicativa.

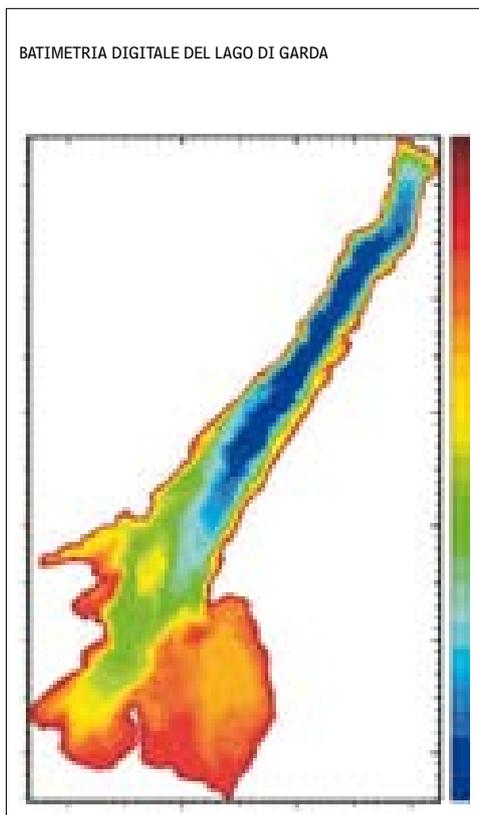
Altro settore di interesse del gruppo di ricerca sono le estensioni a oggetti "frastagliati", quali i frattali, di nozioni e teoremi che hanno la loro enunciazione classica in ambito "liscio". Concetti di questo genere si stanno rivelando utili per la modellizzazione di strutture microscopiche complesse, quali i materiali granulari.

In collaborazione poi con il MOX del Politecnico di Milano, Milano e l'Istituto di Geofisica e Bioclimatologia di Desenzano nella persona del dott. Gianfranco Bertazzi, il gruppo sta studiando la modellizzazione numerica del moto delle acque del lago di Garda, ivi comprese la modellizzazione di sismi, dispersione di inqui-



nanti e variazioni climatiche. La ricaduta dei risultati di questo studio, che necessita di una attenta analisi sia numerica che sperimentale che fisico-matematica, è evidente.

Infine, il gruppo si interessa anche alla assiomatizzazione della Termodinamica classica. Questo versante, che si apre a interessi di tipo didattico e formativo, è quanto mai attuale alla luce delle acquisizioni recenti della Termodinamica del non equilibrio e dei processi caotici.



Principali pubblicazioni

- M. Degiovanni, A. Marzocchi, A. Musesti, *Edge-force densities and second-order powers*, Annali di Matematica pura ed Applicata 185, n. 1, 81-103 (2006).
- C. Banfi, A. Marzocchi, A. Musesti, *On the Principle of Virtual Powers in Continuum Mechanics*, Ricerche di Matematica, Springer Mailand 55, n. 2, pp. 299-310 (2006).
- A. Marzocchi, A. Musesti, *Balance laws and weak boundary conditions in Continuum Mechanics*, Journal of Elasticity 74, n. 3, 239-248 (2004).
- A. Marzocchi, A. Musesti, *On the measure-theoretic foundations of the Second Law of Thermodynamics*, Mathematical Models and Methods in Applied Sciences (M3AS) 12, n. 5, 721-736 (2002).
- M. Degiovanni, A. Marzocchi, A. Musesti, *Cauchy fluxes associated with tensor fields having divergence measure*, Archive for Rational Mechanics and Analysis 147 n. 3, 197-223 (1999).

Attività di ricerca

Area Matematica

26

Geometria proiettiva, metrica e combinatoria

(Silvia Pianta - Mario Marchi - Stefano Pasotti)

Parole chiave:

- loop
- strutture di riflessione
- simmetrie di piani assoluti
- fattorizzazioni di grafi
- parallelismi di tipo Clifford in spazi proiettivi e quaternioni generalizzati
- spazi di traslazione - disegni trasversali

Responsabile:

Silvia Pianta (pianta@dmf.unicatt.it)

Collaborazioni nazionali e internazionali:

Elena Zizioli, Luca Giuzzi, Anita Pasotti (Università degli Studi di Brescia),

Francesco Prantil (Università degli Studi di Trento),

Andrea Blunck (Universität Hamburg),

Helmut Karzel (Technische Universität Muenchen),

Hans Havlicek (Technische Universität Wien)

Progetti in corso

- PRIN 2005 - "Strutture Geometriche, Combinatoria e Applicazioni"

La ricerca si sviluppa nell'ambito dell'**algebra geometrica**.

Uno degli obiettivi principali consiste nella formulazione di una teoria unificante in cui si possano far rientrare classi di strutture geometriche, finite ed infinite, apparentemente molto distanti: il concetto unificante è costituito dalla struttura algebrica non associativa di K-loop (o Bruck-loop), che è una sorta di generalizzazione della nozione di gruppo abeliano.

Tale struttura nasce inaspettatamente in ambito fisico: se infatti si considera la composizione relativistica dei vettori velocità determinata dalle trasformazioni di Lorentz, si ottiene un'operazione che non è associativa, ma è comunque dotata di proprietà algebriche forti (esistenza di un elemento neutro e degli inversi, associatività debole di Bol, proprietà automorfica inversa), esattamente quelle che caratterizzano i K-loop.

La medesima struttura non associativa ricompare in ambito algebrico nella rappresentazione dei gruppi di permutazioni strettamente 2-transitivi: è infatti noto che, se nel caso finito ogni gruppo di permutazioni strettamente 2-transitivo si può identificare col gruppo affine di un quasi-corpo associativo (*nearfield*), nel caso infinito quello che si ottiene è un ente più generale, chiamato *near-domain*, in cui la struttura additiva, non più associativa, è proprio quella di un K-loop.

Infine, il K-loop si ritrova in ambito geometrico a partire dall'insieme delle simmetrie centrali di un piano assoluto (non necessariamente continuo o archimedeeo): tale insieme, con la sua azione strettamente transitiva, induce nell'insieme dei punti del piano una struttura di quasigruppo di Bol semisimmetrico che, per isotopia, produce un K-loop. Nel caso euclideo (ma non solo) tale K-loop è addirittura un gruppo abeliano, il gruppo delle traslazioni del piano, mentre nel caso iperbolico l'insieme



delle traslazioni iperboliche (*boosts*) determina un K-loop proprio. Gli automorfismi dei K-loop associati sono poi correlati alla classificazione dei piani assoluti e all'analisi delle proprietà geometriche che li caratterizzano e dei loro gruppi di movimenti.

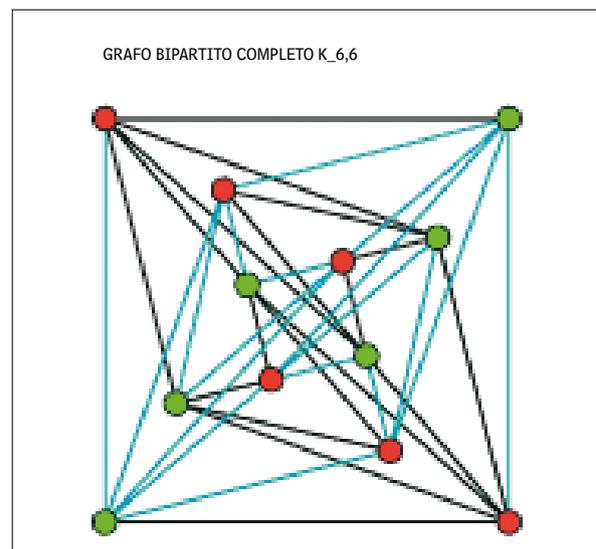
Dall'altro lato, sempre in ambito geometrico, ma considerando strutture combinatorie e geometrie finite, si possono costruire notevoli classi di K-loop finiti associati a 3-reti e quadrati latini con speciali proprietà, o anche ad una particolare classe di colorazioni minimali (1-fattorizzazioni) di grafi completi, semplici (nel caso di esponente 2) e con cappi nel caso generale, o di grafi bipartiti completi. In tutti questi casi, le proprietà algebriche e gli automorfismi del loop si riflettono elegantemente in proprietà configurazionali del grafo corrispondente e nei relativi automorfismi che preservano la colorazione (o 1-fattorizzazione).

Tale studio si inserisce poi nel più vasto ambito della teoria dei disegni, finiti ed infiniti, disegni divisibili e disegni trasversali (che conducono anche agli spazi lineari con parallelismo e agli spazi di traslazione), e trae motivazioni ed esempi significativi nell'ambito della geometria affine e proiettiva, in cui si studiano quadriche e varietà hermitiane, fibrazioni di rette, parallelismi non classici ed altre strutture combinatorie connesse con gruppi ortogonali ed unitari, fino ad arrivare all'analisi di algebre quadratiche di quaternioni o di ottetti generalizzati costruite su campi qualsiasi.

In questo ambito, la ricerca si è focalizzata su una generalizzazione dei classici parallelismi di Clifford, ottenuta utilizzando corpi di quaternioni su campi dotati di diverse estensioni quadratiche; notevolmente interessante è pure la descrizione geometrica di tali parallelismi, basata sulla costruzione di famiglie di quadriche iperboliche in spazi proiettivi su quei campi K che sono estensioni quadratiche di F contenute nel corpo di quaternioni considerato.

Principali pubblicazioni

- Karzel H., PIANTA S.
Binary operations derived from symmetric permutation sets and applications to absolute geometry, Discrete Math. **308**, no.2-3, 415-421 (2008).
- PASOTTI S., Prantil F.,
Holomorphic triples of genus 0.
Cent. Eur. J. Math. **6**, 129-142 (2008).
- PASOTTI S., Prantil F.
Holomorphic triples on elliptic curves
Results Math. **50**, no. 3-4, 227-239 (2007).
- Blunck A., PASOTTI S., PIANTA S.
Generalized Clifford parallelisms.
Quaderno del Seminario Matematico di Brescia, 20 /2007 (presentato per la pubblicazione).
- Karzel H., MARCHI M., PIANTA S.
Legendre-like theorems in a general absolute geometry
Res. Math. **51**, 61-71 (2007).
- Blunck A., PIANTA S. Lines in 3-space. (in corso di stampa in Mitt. Math. Ges. Hamburg).
- Karzel H., MARCHI M.: *Classification of general absolute geometries with Lambert-Saccheri quadrangles*. Le Matematiche. vol. **61**, n. 1, 27-36 (2006).



Attività di ricerca

Area Matematica

28

Storia e didattica della Matematica

1. Ricerche storiche

(Pierluigi Pizzamiglio)

Parole chiave:

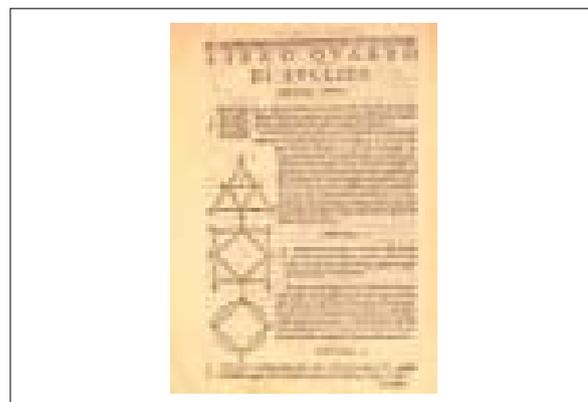
Storia della matematica - storia della scienza

Referente:

Don Pierluigi Pizzamiglio

[docente di Teologia e di Storia della matematica presso la Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali dell'Università Cattolica, direttore della Biblioteca "C. Viganò" e della rivista "Didattica delle scienze" (Editrice La Scuola, Brescia)].

Una parte delle ricerche si focalizza sul reperimento e sull'analisi di edizioni originali di testi di matematici e scienziati dei secoli passati (molti dei quali presenti nel ricco e variegato fondo della Biblioteca di Storia della Scienza "Carlo Viganò", sita nella sede di Brescia dell'Università Cattolica), che vengono messi a disposizione, anche tramite riproduzione su CD-Rom ed altri supporti, degli studiosi, dei docenti e degli studenti interessati a conoscere le vicende inerenti alla storia del pensiero scientifico.



Principali pubblicazioni:

- P. Pizzamiglio, "Astrolabi, per misurare cielo e terra" (La Scuola Editrice, Brescia 2007).
- P. Pizzamiglio, "Niccolò Tartaglia «Euclide Megarense»" (Ateneo di Brescia, Brescia 2007).
- P. Pizzamiglio, "Niccolò Tartaglia nella storiografia" Atti e Memorie Acc. Naz. Sc. Lett. Ed Arti di Modena (2005), 443-453.
- P. Pizzamiglio, "Matematica e storia. Per una didattica interdisciplinare" (Brescia, La Scuola, 2002, pp. 192).
- P. Pizzamiglio, "L'astrologia in Italia all'epoca di Galileo Galilei: 1550-1650" (Vita e Pensiero Università, Milano 2004, pp. XXII, 286).
- P. Pizzamiglio, "Orologi solari, da usare e da leggere" (Brescia, La Scuola, 2004, pp. 128).



Storia e didattica della Matematica

2. Ricerche didattiche

Parole chiave:

- Metodi didattici per la matematica
- applicazioni multimediali

Responsabile:

Mario Marchi (m.marchi@dmf.unicatt.it)

Persone coinvolte:

Antonio Marro

(docente di Valutazione in Scienze MM, FF, NN presso la SSIS dell'Università Cattolica),

Francesca Baresi

(dottoranda in Scienze della Formazione, ambito matematico, presso l'Università di Bergamo),

Carla Alberti

(docente di Geometria presso la SSIS e docente di Matematica presso la Facoltà di Scienze della Formazione Primaria dell'Università Cattolica),

Marina Dalè

(Supervisore di tirocinio presso la SSIS dell'Università Cattolica),

Maria Pia Perelli

(docente di Probabilità e Statistica presso la SSIS dell'Università Cattolica)

Il nucleo di ricerca in Didattica della Matematica, diretto da Mario Marchi, è recentemente impegnato nell'analisi e nella formulazione di test e prove da fornire a livello nazionale per la valutazione del sistema italiano della didattica nell'ambito matematico. Mario Marchi è infatti membro del Comitato Scientifico, nominato dal Ministero dell'Istruzione, per il miglioramento dell'insegnamento della Matematica, nonché coordinatore di gruppi di lavoro dell'INVALSI (Istituto nazionale per la Valutazione del Sistema Istruzione).

Una parte delle ricerche (C. Alberti) è dedicata pure alla formulazione di metodologie fruttuose nella didattica della Matematica per la scuola primaria, con proposte di approfondimenti teorici ed itinerari didattici correlati, sia dell'analisi delle potenzialità offerte da software e altri strumenti basati sull'uso di nuove tecnologie informatiche, per la formazione e la concettualizzazione in Geometria.

Principali pubblicazioni:

- M. Marchi, A. Marro, *Incomparabile avventura della mente* (Programmazione 2006/07). Nuova Secondaria, vol. 1, n. 23, pp. 87-94 (2006).
- M. Marchi, A. Marro, *L'indagine OCSE-PISA 2003: perché gli studenti italiani non sanno "smontare" il problema?* Nuova Secondaria, vol. 9, n. 22, pp. 20-27 (2005).
- Alberti C., *I concetti di lunghezza, area, volume.* In "Nel mondo della Geometria. Vol. 5: La misura" (Erickson, Trento 2005) pp.55-78.
- Alberti C., *Grandezze e misura: quadro teorico. / Grandezze e misura: progettazione didattica.* In: "Nel mondo della Geometria. Vol. 5: La misura" (Erickson, Trento 2005) pp. 27-44 / 45-78.
- Perelli M.P., *Statistics and graphic representations in school.* Proc. of the 7th International Conference on teaching Statistics (ICOTS 7)

Attività di ricerca

Area Matematica

30

Geometria Complessa

(B. Bigolin)

Parole chiave:

- varietà caratteristiche
- problema di Cauchy

Responsabile:

B. Bigolin

Collaborazioni nazionali:

*Prof. C. Perelli Cippo (Politecnico di Milano),
Dr. A. Giacomini (Università di Brescia),
Dr. L. Lussardi (Università di Brescia)*

Principali pubblicazioni:

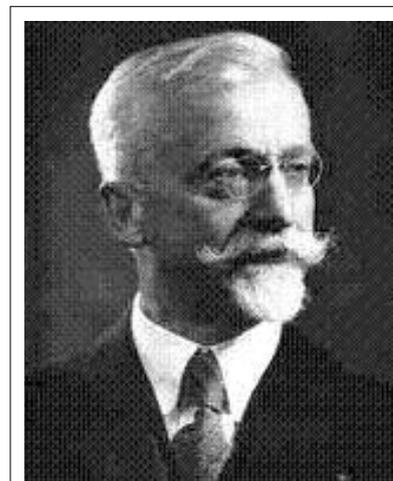
- B. Bigolin, C. Perelli Cippo.
*Osservazioni sulle varietà caratteristiche
e non caratteristiche dei sistemi differenziali esterni
associati a sistemi differenziali su varietà, I.*
Quaderno n. 16, Seminario Matematico di Brescia, 2007.

Motivazione

Lo studio delle Equazioni alle derivate parziali fa intervenire i concetti di varietà caratteristica e non caratteristica, soprattutto in relazione al problema di Cauchy, le cui applicazioni a svariati problemi di Fisica Matematica sono ben note. Nel corso del XIX secolo (sulle orme di Hamilton) S. Lie ha introdotto nuovi concetti, sviluppati poi a fondo nei primi decenni del XX secolo soprattutto da E. Cartan e dalla sua scuola.

Seminario e linee di ricerca

Scopo del nostro Seminario e della nostra ricerca è approfondire la Teoria di Cartan, aprendola soprattutto ai sistemi di Equazioni alle derivate parziali, per i quali le nozioni di caratteristicità e non caratteristicità non sono così studiate come invece lo erano quelle classiche per le singole equazioni. Questi approfondimenti si prestano anche, visto il grado di generalità adottato da noi, a utili spunti didattici non privi di originalità.



E. CARTAN
(9 APRILE 1869
6 MAGGIO 1951)

Attività di ricerca

Area Matematica



Analisi matematica

(Marco Degiovanni - Giovanna Marchioni
- Marco Marzocchi)

Parole chiave:

Equazioni differenziali non lineari
- Metodi variazionali
- Funzionali non regolari

Responsabile:

Marco Degiovanni (m.degiovanni@dmf.unicatt.it)

Collaborazioni nazionali e internazionali:

Università degli Studi di Pisa,
Università degli Studi di Bari,
Politecnico di Torino,
Università degli Studi di Verona,
Università di Giessen (Germania).

Progetti in corso

- PRIN07 - Metodi variazionali e topologici nello studio di fenomeni non lineari

L'attività di ricerca ha per oggetto lo studio delle equazioni differenziali non lineari, sia ordinarie che alle derivate parziali, con metodi di tipo variazionale.

Il comportamento dei fenomeni naturali è usualmente descritto da funzioni che devono soddisfare delle equazioni che coinvolgono le derivate delle funzioni stesse e sono quindi dette *equazioni differenziali*. A meno che lo studio non avvenga a livello microscopico con poche particelle coinvolte, tali equazioni non sono lineari e può essere estremamente arduo descriverne le soluzioni.

Già nel XVIII secolo era stato osservato che spesso le funzioni che descrivono i fenomeni naturali minimizzano, o rendono stazionari, degli opportuni *funzionali* definiti sulle funzioni stesse. Per un secolo e mezzo tale fatto era stato considerato come una interessante proprietà delle soluzioni, ottenute per altra via, di certe equazioni differenziali. Nella prima metà del XX secolo è stato invece proposto un rovesciamento di prospettiva, ossia utilizzare tale minimalità o stazionarietà per arrivare alle soluzioni dell'equazione differenziale. È il programma che ha segnato la nascita dei *Metodi diretti del calcolo delle variazioni* o *Metodi variazionali*, inizialmente confinati al caso della minimalità, ma ben presto estesi in modo da poter trattare anche la stazionarietà. L'idea si è rivelata estremamente feconda e ha avuto grande sviluppo fino a diventare un filone principale dell'Analisi matematica, in cui l'Italia si è collocata, a partire dagli anni '60, in posizione di avanguardia.

Metodi variazionali per funzionali non regolari

L'esigenza di collegare funzionale ed equazione differenziale ha portato a considerare, anzitutto, il caso in cui il funzionale stesso soddisfi delle oppor-

Attività di ricerca

Area Matematica

32

tune condizioni di regolarità. Queste si sono però rivelate, con l'allargarsi degli ambiti a cui l'approccio variazionale veniva applicato, sempre più restrittive. Per questo motivo, a partire dagli anni '60 per lo studio della minimalità e dagli anni '80 per lo studio della stazionarietà, si è sviluppato un sottofilone dedicato allo studio con metodi variazionali di equazioni differenziali il cui funzionale associato non soddisfa le condizioni di regolarità ormai classicamente codificate. L'attività del gruppo si colloca all'interno di quest'ultimo filone di ricerca.

Pubblicazioni principali:

- T. Bartsch and M. Degiovanni, *Nodal solutions of nonlinear elliptic Dirichlet problems on radial domains*, Atti Accad. Naz. Lincei Cl. Sci. Fis. Mat. Natur. Rend. Lincei (9) Mat. Appl. **17**, n. 1, 69-85 (2006).
- S. Cingolani and M. Degiovanni, *Nontrivial solutions for p -Laplace equations with right-hand side having p -linear growth at infinity*, Comm. Partial Differential Equations **30**, n. 8, 1191-1203 (2005).
- M. Degiovanni and S. Lancelotti, *Linking over cones and nontrivial solutions for p -Laplace equations with p -superlinear nonlinearity*, Ann. Inst. H. Poincaré Anal. Non Linéaire **24**, n. 6, 907-919 (2007).
- M. Degiovanni, A. Musesti and M. Squassina, *On the regularity of solutions in the Pucci-Serrin identity*, Calc. Var. Partial Differential Equations **18**, n. 3, 317-334 (2003).
- S. Lancelotti and M. Marzocchi, *Lagrangian systems with Lipschitz obstacle on manifolds*, Topol. Methods Nonlinear Anal. **27**, n. 2, 229-253 (2006).

Analisi numerica: equazioni alle derivate parziali

(Maurizio Paolini - Franco Pasquarelli)

Parole chiave:

- Problemi di transizione di fase
- equazioni di reazione-diffusione
- evoluzione geometrica di superfici - anisotropia

Responsabile:

Maurizio Paolini (m.paolini@dmf.unicatt.it)

Collaborazioni nazionali e internazionali:

Università di Roma Tor Vergata (Italia)

Hokkaido University (Giappone)

University of Warsaw (Polonia) - Università di Pisa

Progetti in corso

- PRIN05 - Metodi variazionali e topologici nello studio di fenomeni non lineari

Principali pubblicazioni:

- M. Paolini, F. Pasquarelli, *Unstable Crystalline Wulff Shapes in 3D*, Proceedings Variational methods for discontinuous structures, Progress in Nonlinear Differential Equations and Their Applications **51** (Birkhauser, Basel 2002), 141-153.
- Y. Giga, M. Paolini, P. Rybka, *On the motion by singular interfacial energy*, Japan J. Indust. Appl. Math., **18**, 47-64 (2001).
- G. Bellettini, M. Novaga, M. Paolini, *On a crystalline variational problem, part II: BV-regularity and structure of minimizers on facets*, Arch. Ration. Mech. Anal. **3**, 193-217 (2001).
- G. Bellettini, M. Novaga, M. Paolini, *On a crystalline variational problem, part I: first variation and global L -infinity-regularity*, Arch. Ration. Mech. Anal. **3**, 165-191 (2001).
- G. Bellettini, M. Novaga, M. Paolini, *Facet-breaking for three dimensional crystals evolving by mean curvature*, Interfaces and Free Boundaries **1**, 39-55 (1999).



L'Analisi Numerica (e *Calcolo Scientifico*) si occupa della ricerca di soluzioni approssimate di problemi di grande complessità di cui non è possibile fornire la soluzione esatta.

Tali problemi, spesso comprendenti equazioni alle derivate parziali, nascono tipicamente da situazioni concrete in svariati ambiti (fisico, ingegneristico, finanziario) come anche da problemi di carattere puramente matematico-teorico.

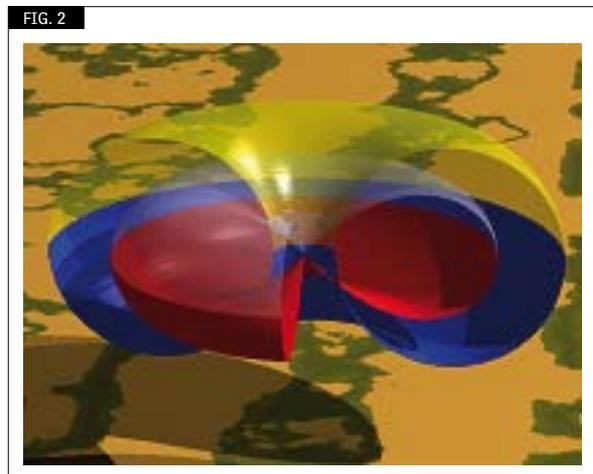
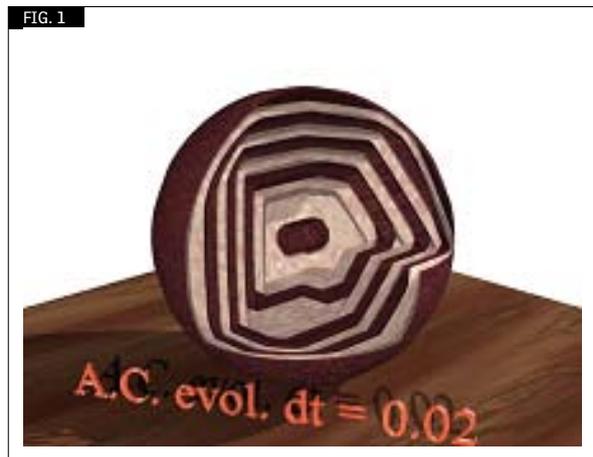
La soluzione approssimata viene ottenuta con l'ausilio di strumenti di calcolo (elaboratori elettronici), da cui nasce anche una naturale relazione di interdisciplinarietà con l'Informatica, anch'essa presente presso il Dipartimento.

In questo ambito il gruppo di lavoro si è recentemente occupato della simulazione numerica di evoluzione geometrica di fronti.

Il problema *modello* è l'evoluzione di superfici nello spazio, o di ipersuperfici in spazi di dimensione più elevata, con una velocità proporzionale alla curvatura media locale.

In figura 1 ad esempio è visualizzata una sezione tridimensionale di un *toro* (ciambella) immerso nello spazio quadridimensionale che evolve nel tempo in accordo con questa legge.

Nella figura è rappresentata la ipersuperficie a due diversi istanti temporali, uno di questi corrisponde all'istante in cui il foro della *ciambella* si chiude nell'origine del quadrispazio e la superficie quindi subisce un cambiamento topologico. In figura 2 è invece rappresentato il risultato dell'evoluzione di una superficie inizialmente sferica con una legge di evoluzione simile alla precedente ma in un ambiente anisotropo (ovvero con proprietà non uniformi nelle varie direzioni). In particolare l'anisotropia scelta per questo esempio corrisponde ad una situazione estrema (anisotropia cristallina).



Attività di ricerca

Area Matematica

34

Utilizzazione di strumenti neuro-fuzzy per l'automazione del riconoscimento di forme

(Lorenzo Schiavina)

Parole chiave:

- riconoscimento di immagini e di forme
- sistemi esperti
- logica fuzzy
- programmazione per oggetti

Responsabile:

Lorenzo Schiavina (lorenzo.schiavina@unicatt.it)

Principali pubblicazioni:

- G.F. Greppi, A.D'Angelo, L. Schiavina, P. Roncada
Utilizzo di una procedura fuzzy per la classificazione di tracciati elettroforetici
Atti della Società Italiana di Buiatria - Vol. XXXV - 2003.
- M. Bonfatti, M. Caridi, L. Schiavina,
A fuzzy model for load-oriented manufacturing control.
Int. Journal of Production Economics **104**,
n. 2, 502-513 (2006).
- L. Schiavina
"Metodi e strumenti per la modellizzazione aziendale. Come gestire il problem solving e il decision making"
(Franco Angeli, Milano 2006).

La disponibilità di nuove tecnologie informatiche (ed in particolare la programmazione orientata agli oggetti) offre oggi nuove stimolanti opportunità di applicazione.

Mediante un ambiente di sviluppo realizzato nell'ambito delle applicazioni dei corsi di ricerca operativa (FuzzyWorld©) è possibile inserire in modo del tutto naturale la logica fuzzy in applicazione informatiche rendendole "esperte" nel trattamento delle problematiche più svariate.

In particolare, i programmi sviluppati sono già stati applicati ad una quantità di problemi di natura puramente numerica, ottenendo risultati straordinari.

È risultato del tutto naturale, considerato la disponibilità di informazioni grafiche, espandere il campo applicativo al trattamento dell'immagine.

I risultati sono più che promettenti: in collaborazione con l'Università Statale di Veterinaria di Milano sono state realizzate applicazioni prototipali nel campo del trattamento dell'elettroforesi mono e bidimensionale del latte vaccino (*Figure 1 e 2*).

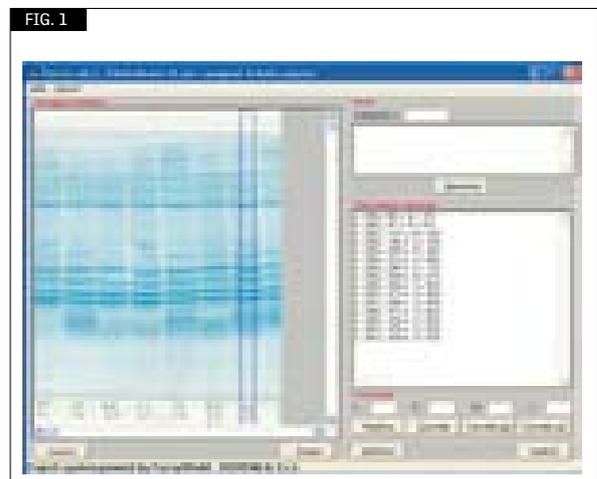


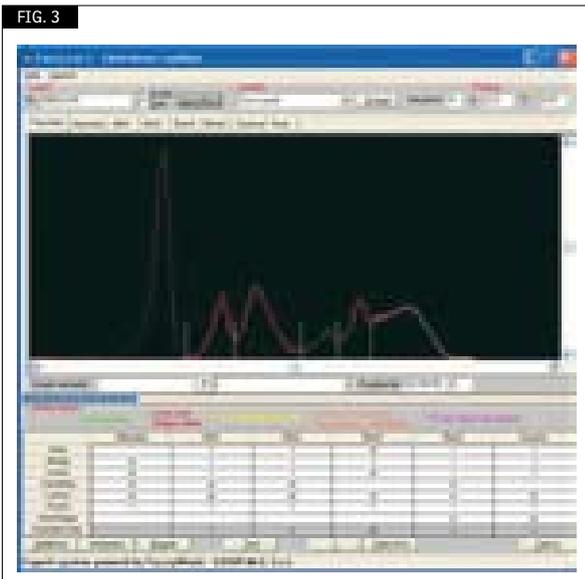


FIG. 2



Con l'Ospedale San Raffaele e con il Policlinico Gemelli sono state sviluppate applicazioni nel settore dell'elettroforesi capillare (Figura 3).

FIG. 3



Ora la ricerca si orienta verso l'analisi previsionale dei dati di Borsa (Figura 4) e del riconoscimento di patterns (Figura 5)

FIG. 4

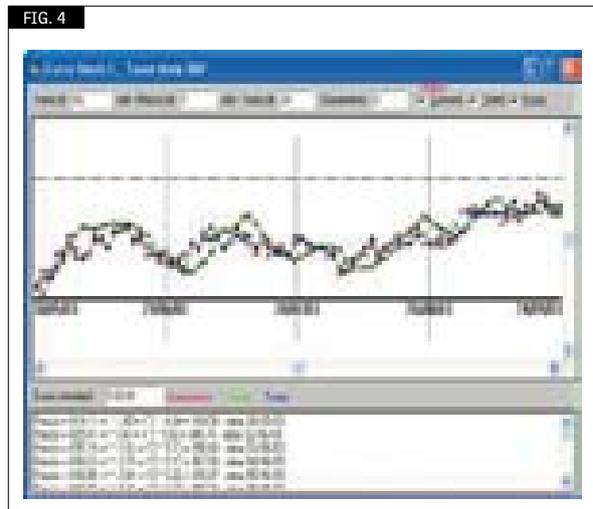


FIG. 5



Inoltre, applicazioni sono in corso nel settore sportivo (valutazione degli atleti), in collaborazione con preparatore atletici professionisti e nel settore delle applicazioni delle nanotecnologie al controllo dell'ambiente.



Attività di ricerca

Area Fisica

36

Fisica dei Sistemi Complessi

(Fausto Borgonovi - Giuseppe Luca Celardo -
Luca Spadafora - Roberto Trasarti-Battistoni)

Parole chiave:

- Sistemi non lineari e caotici
- Meccanica statistica
- Interazioni a lungo raggio
- Computer quantistici
- Misure di singolo spin

Responsabile:

Fausto Borgonovi (f.borgonovi@dmf.unicatt.it)

Collaborazioni nazionali ed internazionali:

- *Los Alamos National Labs (USA)*
- *Dep. de Fisica, Universidad Autonoma de Puebla (Messico)*
- *Dip. di Energetica, Università di Firenze (Italia)*
- *Polytechnic University di New York (USA)*
- *Dept. of Physics, Emory University di Atlanta (USA).*

Progetti in corso

- PRIN05 - Dinamica e Termodinamica di sistemi con interazione a lungo raggio
- INFN- Iniziativa specifica MI41

L'attività di ricerca è teorica e si rivolge in particolare allo studio di sistemi complessi descritti classicamente o quantisticamente.

Generiche interazioni non lineari tra i vari costituenti del sistema sono in genere le cause che lo rendono "complesso". L'analisi teorico-numerica di tali sistemi complessi risulta importante in molteplici e diversi campi applicativi che spaziano dai computer quantistici, alla condensazione di Bose-Einstein, ai sistemi magnetici mesoscopici, alle misure di singolo spin.

Computer Quantistici

I computer quantistici sono opportuni apparati che immagazzinano e processano informazioni al livello di singoli atomi o nuclei. Il loro punto di forza è rappresentato dalla possibilità di eseguire calcolo parallelo su vasta scala utilizzando la sovrapposizione quantistica degli stati.

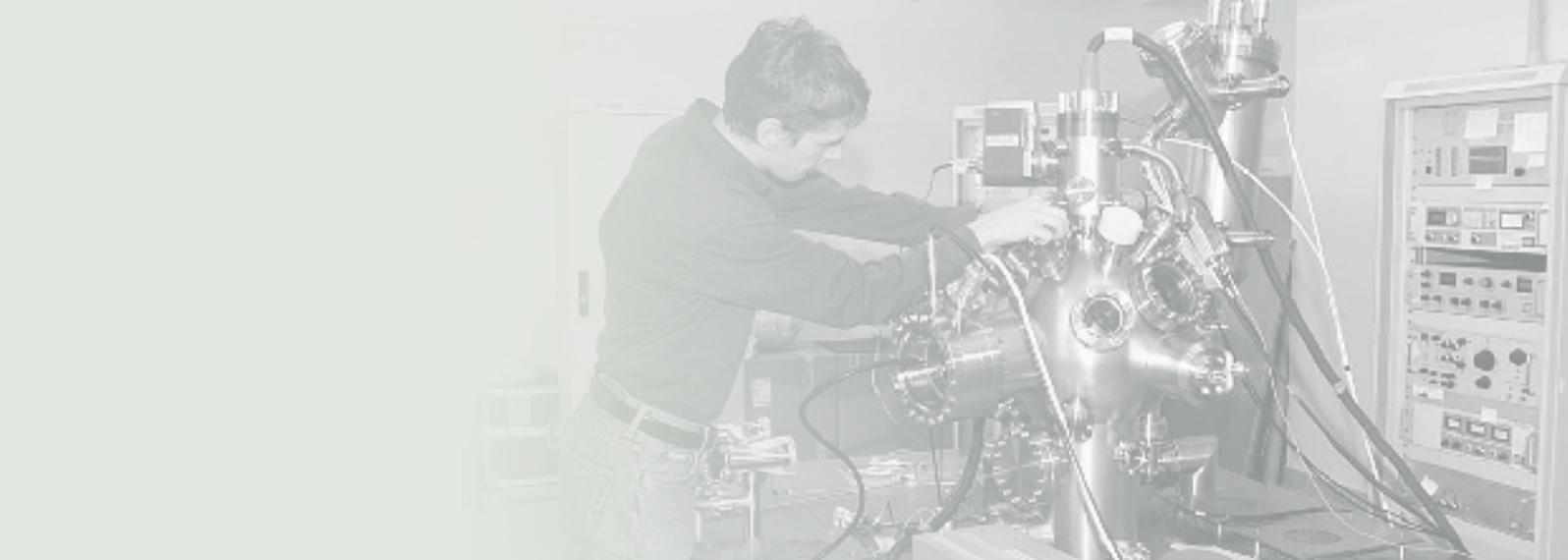
La costruzione di un prototipo di computer quantistico avrebbe numerose e significative applicazioni nel campo delle comunicazioni e della crittografia o comunque come un efficiente simulatore di sistema quantistico a molti corpi.

Semplici prototipi di computer quantistici sono già stati realizzati utilizzando tecnologie esistenti nell'ambito dell'ottica quantistica e della risonanza magnetica nucleare, per eseguire alcune semplici operazioni.

Nonostante ciò, la sovrapposizione quantistica degli stati è soggetta ad un rapido decadimento (il fenomeno della *decoerenza*) a causa dell'accoppiamento con l'ambiente.

Altre cause di errori nella realizzazione di specifici algoritmi di calcolo sono le generiche interazioni non lineari tra i vari *qubits*.

Questa tipologia di problemi è stata ampiamente



svilupata nel passato nell'ambito della teoria quantistica dei sistemi interagenti anche se non esiste ancora una teoria capace di descrivere in modo efficace il delicato meccanismo della decoerenza.

Misure di singolo spin

Un altro problema strettamente connesso ai computer quantistici è quello della misura dello stato del singolo quanto di informazione: il *qubit*. Ciò richiede infatti una precisione mai realizzata fino ad oggi, dovendo, per esempio rivelare lo stato di un singolo spin elettronico o nucleare all'interno di un materiale (e non solo sulla superficie). Solo in questi ultimi anni consistenti progressi sono stati realizzati, utilizzando tecniche che fanno uso della "magnetic resonance force microscopy".

Sistemi nanoscopici

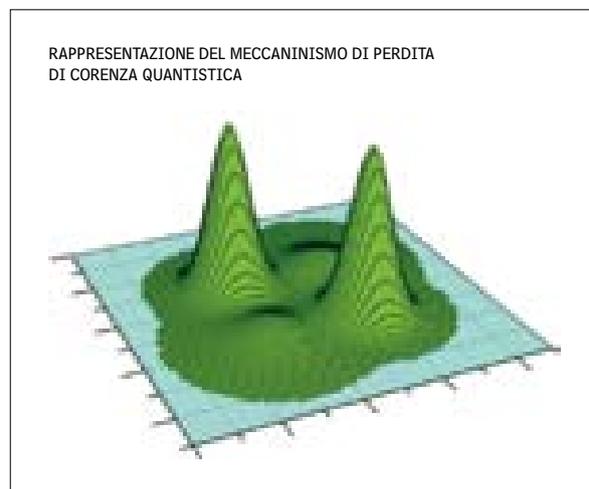
Sistemi costituiti da poche particelle fortemente interagenti possono essere oggi realizzati nei moderni laboratori di Nanotecnologie. La grande abilità sperimentale nella manipolazione di singoli atomi non è però stata accompagnata da una adeguata conoscenza teorica.

Ciò ha portato alla definizione di sistema mesoscopico, ovvero caratterizzati da una lunghezza di coerenza quantistica dello stesso ordine di grandezza della lunghezza del campione, per i quali si è dovuto costruire una teoria ad hoc.

In modo analogo piccoli sistemi quantistici composti da qualche centinaio o migliaio di atomi (o spin) fortemente interagenti tra loro necessitano di uno strumento statistico adeguato visto che sia gli strumenti analitici che quelli numerici non sono, in generale, in grado di fornire previsioni verificabili sperimentalmente.

Principali pubblicazioni:

- G. P. Berman, F. Borgonovi, V. N. Gorshov, V. I. Tsifrinovich, "Magnetic Resonance Force Microscopy and a Single-Spin Measurement" (World Scientific Publishing, Singapore 2006).
- F. Borgonovi, G. L. Celardo, A. Musesti, R. Trasarti-Battistoni and P. Vachal, Phys. Rev. E **73**, 026116 (2006).
- G. P. Berman, F. Borgonovi and V. I. Tsifrinovich, Phys. Rev. B **72**, 224406 (2005).
- F. Borgonovi, G. L. Celardo, M. Maianti, and E. Pedersoli, J. Statistical Physics, **116**, 235 (2004).
- G. P. Berman, F. Borgonovi, F. M. Izrailev, and A. Smerzi, Phys. Rev. Lett. **92**, 030404 (2004).



Attività di ricerca

Area Fisica

38

Interazione radiazione-materia e ottica non lineare

(Gabriele Ferrini, Stefania Pagliara, Claudio Giannetti, Francesco Banfi, Gianluca Galimberti, Fulvio Parmigiani)

Parole chiave:

- Fisica dello stato solido - Ottica non lineare
- spettroscopia elettronica - spettroscopia ottica

Responsabile:

Gabriele Ferrini (g.ferrini@dmf.unicatt.it)

Collaborazioni nazionali ed internazionali:

Prof. Z.X. Shen, Stanford University; Prof. C. Fadley, University of California at Davis and Advanced Light Source (Berkeley); Prof. A. Damascelli, University of British Columbia, Vancouver; Dr. R. Tommasini e Dr. G. Cautero, ELETTRA, Trieste; P.S. Cocconcelli, Università Cattolica, Piacenza; Dr. J. Corlett, Ernst Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory; Prof. L. Depero, Università di Brescia; Prof. N. Manca, Università di Brescia; Prof. V. Metlushko, University of Illinois at Chicago; Dr. B. Revaz, EPFL Lausanne; Dr. P. Vavassori, Università degli Studi di Ferrara e Centro di Nanotecnologie di San Sebastian (Spa); Dr. G. Carlotti, Università degli Studi di Perugia; Prof. P. Pernice, Università Federico II di Napoli.

Progetti in corso

- PRIN05- Dinamiche di magnetizzazione in nanostrutture ferromagnetiche artificiali e autoassemblanti.
- Progetto CARIPO - Sviluppo di un microscopio a forza atomica combinato con spettroscopia ad onda evanescente per lo studio delle superfici biologiche.

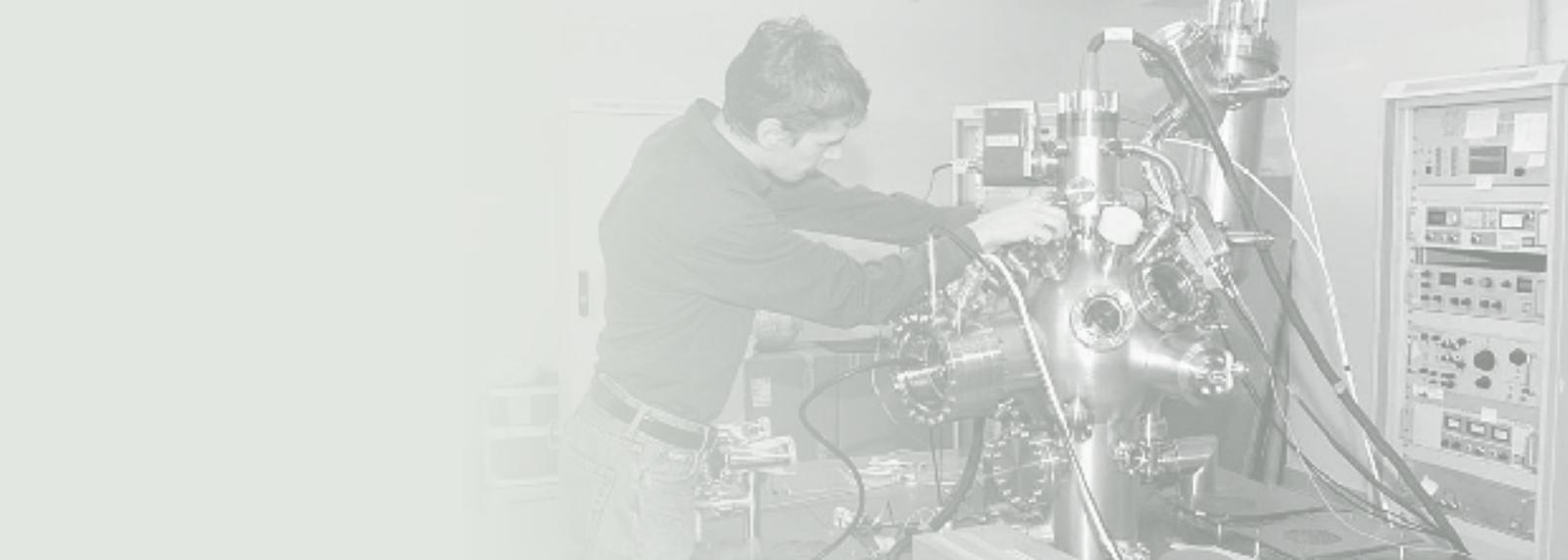
Il Laboratorio di interazione radiazione-materia e il Laboratorio di ottica non lineare sono dedicati allo studio della interazione tra impulsi laser ultra brevi e la materia allo stato condensato, con particolare attenzione all'evoluzione temporale degli stati fuori equilibrio nei solidi. Per questo tipo di ricerche i laboratori sono dotati di sistemi laser amplificati a impulsi corti (100 fs) e amplificatori parametrici, sistemi di ultra-alto vuoto con possibilità di trattamento e crescita *in situ* di campioni strumentazione optoelettronica e rivelatori di luce per misure di spettroscopia ottica.

Questi studi vengono condotti sfruttando due tecniche sperimentali complementari.

La spettroscopia elettronica è utilizzata per studiare le dinamiche elettroniche lontano dallo stato di equilibrio sulle superfici di metalli e semiconduttori, che forniscono informazioni sui processi microscopici di scattering e di rilassamento, utili per la comprensione di fenomeni come la catalisi superficiale di reazioni chimiche e la nano-ingegneria sulle superfici.

Inoltre, l'indagine delle interazioni elettrone-elettrone e elettrone-fonone in sistemi a forte correlazione elettronica permette di ottenere informazioni essenziali sui meccanismi che regolano l'insorgere del fenomeno della superconduttività.

La **spettroscopia ottica** è utilizzata prevalentemente per lo studio di materiali magnetici, superconduttori e applicazione di biofisica. Per quanto riguarda i materiali magnetici sono stati studiati gli effetti del confinamento spaziale su nanostrutture magnetiche che hanno dimensioni tipiche di decine di nm (10^{-8} m) per lo sviluppo dei futuri dispositivi magnetici e memoria di massa. Per i materiali superconduttori, l'obiettivo è quello di correlare la dinamica elettronica di questi sistemi, su scale di tempi inferiori al ps (10^{-12} sec), alle loro proprietà



specifiche anche tramite modelli teorici. Riguardo la caratterizzazione spettroscopica di tessuti biologici e l'*imaging* biomedico, sono state sviluppate tecniche di spettroscopia ottica lineare e nonlineare con possibili ricadute applicative riguardanti l'indagine endoscopica.

Infine, è stato recentemente costituito un nuovo laboratorio dove tecniche di microscopia (microscopia a forza atomica e microscopia a campo prossimo) verranno utilizzate in connessione con tecniche di spettroscopia ottica per l'indagine di sistemi biologici.

INTERNO DEL LABORATORIO DI OTTICA NON LINEARE



Principali pubblicazioni:

- C. Giannetti, B. Revaz, F. Banfi, M. Montagnese, G. Ferrini, F. Cilento, S. Maccalli, P. Vavassori, G. Oliviero, E. Bontempi, L. E. Depero, V. Metlushko, and F. Parmigiani
Thermomechanical behavior of surface acoustic waves in ordered arrays of nanodisks studied by near-infrared pump-probe diffraction experiments,
Phys. Rev. B **76**, 125413 (2007).
[available on-line at <http://arxiv.org/abs/cond-mat/0701666>.
This article has been selected for the September 24, 2007 issue of Virtual Journal of Nanoscale Science & Technology. This article has been selected for the October 2007 issue of the Virtual Journal of Ultrafast Science.
<http://www.vjultrafast.org>]
- A. Comin, C. Giannetti, G. Samoggia, P. Vavassori, D. Grando, P. Colombi, E. Bontempi, L.E. Depero, V. Metlushko, B. Ilic and F. Parmigiani,
Elastic and magnetic dynamics of nano-magnet ordered arrays impulsively excited by sub-ps laser pulses,
Phys. Rev. Lett. **97**, 217201 (2006).
[This paper was selected for the December 4, 2006 issue of the Virtual Journal of Nanoscale Science & Technology. <http://www.vjnano.org>. This paper was selected for the December 2006 issue of the Virtual Journal of Ultrafast Science.
<http://www.vjultrafast.org>.]
- F. Banfi, C. Giannetti, G. Ferrini, G. Galimberti, S. Pagliara, D. Fausti, and F. Parmigiani,
Experimental evidence of above-threshold photoemission in solids,
Phys. Rev. Lett. **94**, 037601 (2005)
[This article has been selected for the February 2005 issue of the Virtual Journal of Ultrafast Science.
<http://www.vjultrafast.org>]
- E. Pedersoli, F. Banfi, B. Ressel, S. Pagliara, C. Giannetti, G. Galimberti, S. Lidia, J. Corlett, G. Ferrini, and F. Parmigiani,
Evidence of vectorial photoelectric effect on Copper,
Appl. Phys. Lett. **87**, 081112 (2005)
[This article has been selected for the September 2005 issue of the Virtual Journal of Ultrafast Science.
<http://www.vjultrafast.org>]
- G. Ferrini, C. Giannetti, G. Galimberti, S. Pagliara, D. Fausti, F. Banfi, and F. Parmigiani,
Violation of the electric-dipole selection rules in indirect multiphoton excitation of image potential states on Ag(100),
Phys. Rev. Lett. **92**, 256802 (2004).
[This article has been selected for the July 2004 issue of the Virtual Journal of Ultrafast Science.
<http://www.vjultrafast.org>]

Attività di ricerca

Area Fisica

Fisica dei nanosistemi

(Luca Gavioli - Iskandar Kholmanov - Mattia Fanetti
- Emanuele Cavaliere - Mirco Chiodi)

Parole chiave:

- microscopia a scansione
- molecole organiche
- autorganizzazione
- nanocluster

Responsabile:

Luca Gavioli (luca.gavioli@unicatt.it)

Microspettroscopia di Nanostrutture Auto-Assemblate

I sistemi a dimensioni nanometriche (10^{-9} ÷ 10^{-8} m) manifestano proprietà diverse sia da quelle di singoli atomi o molecole isolati sia da quelle dei solidi standard, e possono avere notevoli applicazioni in campi anche esterni alla fisica, come biologia e medicina. Questa ricerca studia: A) metodi di crescita di nanosistemi, come fili quantici di atomi o molecole organiche depositi su appropriati substrati, basati su processi di *self-assembly*, in cui le interazioni fra i singoli componenti portano alla creazione di strutture ordinate; B) le proprietà di tali sistemi, dove il confinamento quantistico gioca un ruolo essenziale. L'attività è svolta in collaborazione col Dipartimento di Chimica dell'Università di Padova.

Finanziamento:

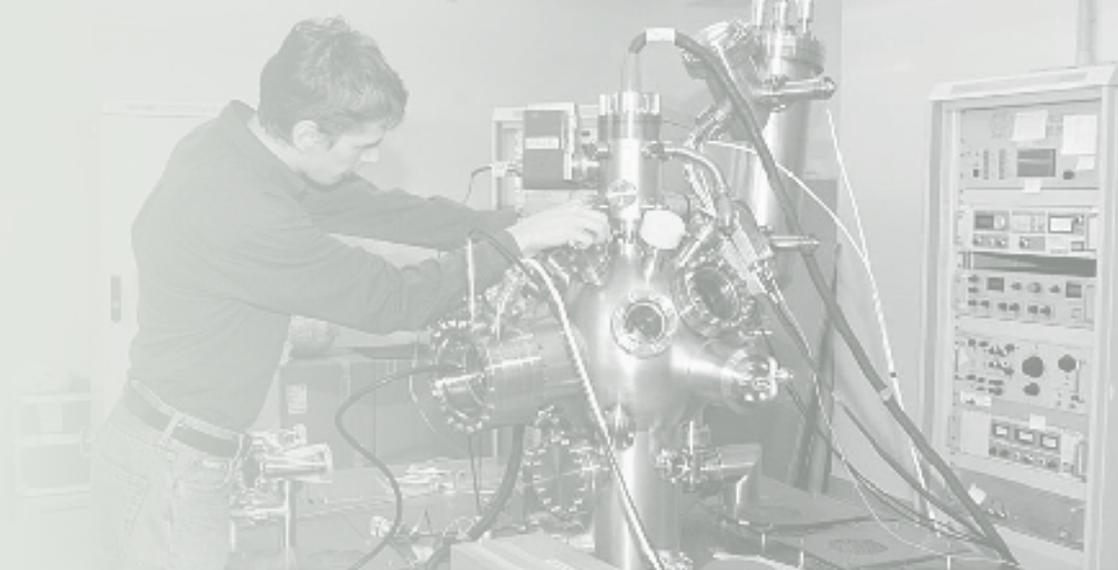
Università Cattolica, INFN

Pubblicazione più recente:

F. Sedona, S. Agnoli, M. Fanetti, I. Kholmanov, E. Cavaliere, L. Gavioli, G. Granozzi, *Ordered arrays of Au nanoclusters by TiO_x ultrathin templates on Pt(111)*, J. Phys. Chem. C **111**, 8024 (2007).

MOLECOLE ORGANICHE (4X3 nm²)





Sistemi nanostrutturati a base di ossidi di titanio

Il biossido di titanio è un materiale cataliticamente attivo per processi di generazione di idrogeno o riduzione di molecole come CO. A causa dell'alto rapporto superficie/volume, i nanoaggregati di atomi di TiO possiedono proprietà fotocatalitiche migliori rispetto al volume.

Inoltre gli ossidi di titanio sono materiali biocompatibili.

Il gruppo è coinvolto in due progetti distinti riguardanti i cluster di ossido di titanio: A) costruzione di substrati con proprietà morfologiche ed elettroniche controllate a scala nanometrica per regolare l'adesione di cellule di lievito ricoperte da polielettroliti; B) studio delle proprietà elettroniche di film nanostrutturati per l'estrazione di idrogeno dall'acqua tramite l'attivazione da raggi solari nello spettro visibile e ultravioletto

L'attività è svolta in collaborazione con i dipartimenti di Fisica dell'Università di Milano e dell'Università di Genova.

Finanziamento:

Università Cattolica, progetto COFIN2006, progetto Micropiattaforme CARIPO2007

Fullereni, Clusters e Nanotubi di Carbonio

I fullereni e i nanotubi di carbonio sono aggregati di atomi di carbonio con geometria regolare, le cui proprietà variano drasticamente sotto l'effetto del drogaggio con atomi alcalini, alcalino-terrosi o terre rare: da sistemi elettricamente isolanti a ma-

teriali conduttori, sino allo stato superconduttivo. Questa ricerca studia:

A) I primi stadi di crescita di molecole fullereniche deposte su substrati cristallini, per ottenere superstrutture ordinate capaci di crescere con la stessa struttura del substrato.

B) I meccanismi di crescita *in situ* di nanotubi di carbonio tramite la tecnica di *Chemical Vapor Deposition*, mediante l'utilizzo di precursori nanostrutturati (Fe, Co).

C) Le proprietà strutturali ed elettroniche di nano-clusters deposti su superfici.

Le proprietà macroscopiche dipendono dalla natura dei precursori di crescita (*clusters*) che mantengono una sorta di memoria del loro stato originale anche nel sistema macroscopico.

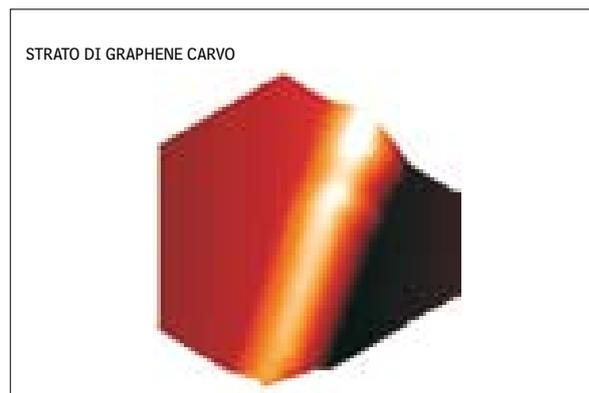
L'attività è svolta in collaborazione con il laboratorio TASC di Trieste.

Finanziamento:

Università Cattolica, INFN

Pubblicazione più recente:

M. Fanetti, L. Gavioli, C. Cepek, M. Sancrotti, *Orientation of C₆₀ molecules in the (33x33)R30° and (13x13)R14° phases of C₆₀/Ge(111) single-layer*, Phys Rev B (2008), in press.





Attività di ricerca Area Fisica

Elettrodi per elettroencefalografia (EEG)

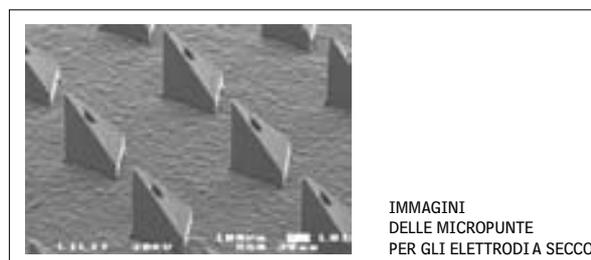
Uno dei problemi maggiori nell'acquisizione di segnali elettrici dal cervello umano riguarda la scarsa resa temporale (pochi minuti) degli elettrodi tradizionali, se applicati al cranio. Le protesi neurali potrebbero inoltre essere utilizzate da pazienti parzialmente paralizzati per inviare segnali ad un computer in modo da controllare bracci meccanici etc. È quindi importante realizzare elettrodi che siano di semplice applicazione e che possano essere indossati per lunghi periodi di tempo. Il progetto vuole realizzare elettrodi microstrutturati a secco tramite tecniche di microlitografia e litografia 3D. In particolare vengono affrontati i problemi di adesione agli elettrodi degli strati di materiale conduttivo (rame) e i problemi di durata di tale strato quando sottoposto a tensioni meccaniche sulla cute. L'attività è svolta in collaborazione con la fondazione Don Gnocchi di Milano, il sincrotrone di Trieste e l'università Magna Grecia di Catanzaro.

Finanziamento:

Università Cattolica, progetto EEG CARIPLO2006

Pubblicazione più recente:

M. Matteucci, R. Carabona, M. Casella, E. Di Fabrizio, F. Gramatica, M. Di Rienzo, E. Snidero, L. Gavioli, M. Sancrotti, *Micropatterned Dry Electrodes for Brain-Computer Interface*, *Microel. Engin.* **84**, 1737 (2007)



Fisica teorica classica ed elettrodinamica

(Giancarlo Cavalleri - Ernesto Tonni Francesco Barbero)

Parole chiave:

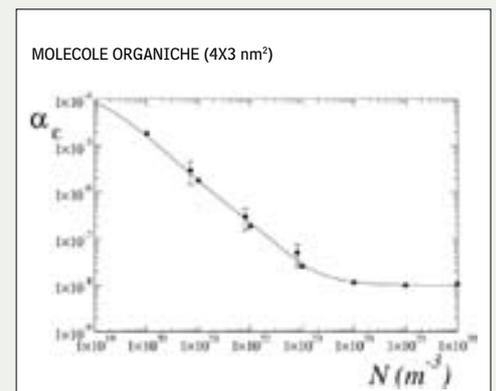
- elettrodinamica
- rumore 1/f
- campo di punto zero (ZPF)
- filamenti e particelle elementari

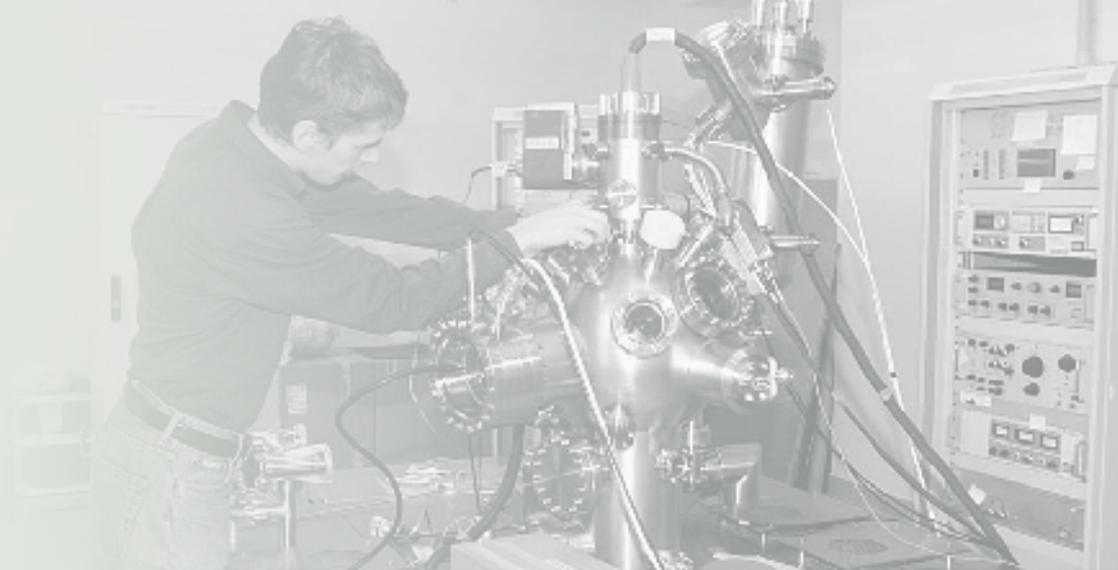
Responsabile:

Giancarlo Cavalleri (g.cavalleri@dmf.unicatt.it)

Collaborazioni nazionali ed internazionali:

L. Bosi (Politecnico di Milano);
G. Spavieri (Universidad de Los Andes, Venezuela).





L'attività di ricerca si attua secondo tre linee principali:

1. Parametri atomici derivati da un esperimento di elettrodinamica.

È possibile ottenere alcuni parametri atomici in condizioni estreme di scariche elettriche a temperature dell'ordine di 40000°C .

Mediante gli effetti dinamici prodotti dalla scarica sono stati finora ottenuti:

- 1) il prodotto del numero di ioni estratti da un elettrone sull'anodo per il numero di elettroni estratti da uno ione che cade sul catodo;
- 2) il grado di ionizzazione addizionale a quello termico e dovuto all'azione diretta di ioni ed elettroni accelerati da un forte campo elettrico;
- 3) la costante di tempo in cui viene ricostruita la coda ad alte energie della distribuzione energetica (o delle velocità) degli elettroni.

Quest'ultimo dato è essenziale per la seconda ricerca sotto elencata.

2. Origine del rumore elettronico avente densità spettrale (ossia energia per unità di volume e di frequenza f) inversamente proporzionale ad f .

L'origine di questo rumore $1/f$, noto sperimentalmente da 80 anni ma che finora non aveva trovato una spiegazione fisica, è dovuto ad elettroni "in fuga", la cui velocità è controllata dal campo elettromagnetico irradiato da tutte le particelle elementari dell'universo (campo e.m. di punto zero).

È stata trovata una formula che è molto più vicina ai dati sperimentali (vedi figura) rispetto a quella empirica di Hooge, che non includeva la concentrazione degli elettroni. Si può quindi diminuire questo rumore, che influenza tutte le misure elet-

troniche, aumentando la concentrazione degli elettroni liberi nei componenti (chips) degli strumenti elettronici.

3. Filamenti di una sola natura costituenti sia le particelle elementari sia i campi di forza.

È un nuovo approccio ai fondamenti della fisica, in accordo con le osservazioni sperimentali che sono soltanto di lunghezze e tempi. Un gruppo di filamenti quasi paralleli e con la stessa freccia dà il campo elettrico, mentre la variazione spaziale della densità di filamenti (per unità di area) dà il campo gravitazionale. Una particella elementare con carica elettrica positiva (o negativa) è un fascio quasi stellare di filamenti con frecce uscenti (o entranti).

Principali pubblicazioni:

- G. Cavalleri and L. Bosi, *Origin of $1/f$ noise as a runaway phenomenon due to the zero-point field (ZPF) of quantum electrodynamics (QED)*, Phys. Stat. Sol. (c) **4**, 1230-1233 (2007).
- G. Cavalleri, E. Cesaroni, E. Tonni, and G. Spavieri, *Microscopic quantities in discharge in air obtained from an electro-mechanical experiment*, Eur. Phys. J. D **42**, 407-424 (2007).
- G. Cavalleri, E. Tonni, L. Bosi, and G. Spavieri, *Very long decay time for electron velocity distribution in semiconductors, and consequent $1/f$ noise*, Fluct. Noise Lett. **7**, L193- L207 (2007)
- G. Cavalleri, F. Barbero, and E. Tonni, *News about the filament theory, in Proc. of IX Int. Conf. "Physical Interpretations of Relativity Theory"* (London, 3-6 September, 2004), edited by M. C. Duffy, University of Sunderland (PD Publications, Liverpool, Great Britain), 62-85 (2005).



Attività di ricerca

Area Fisica

44

Teorie di campo di stringa e condensazione tachionica

(Giuseppe Nardelli)

Parole chiave:

- Teoria di Stringa
- Cosmologia Tachionica

Responsabili:

Giuseppe Nardelli (g.nardelli@dmf.unicatt.it)

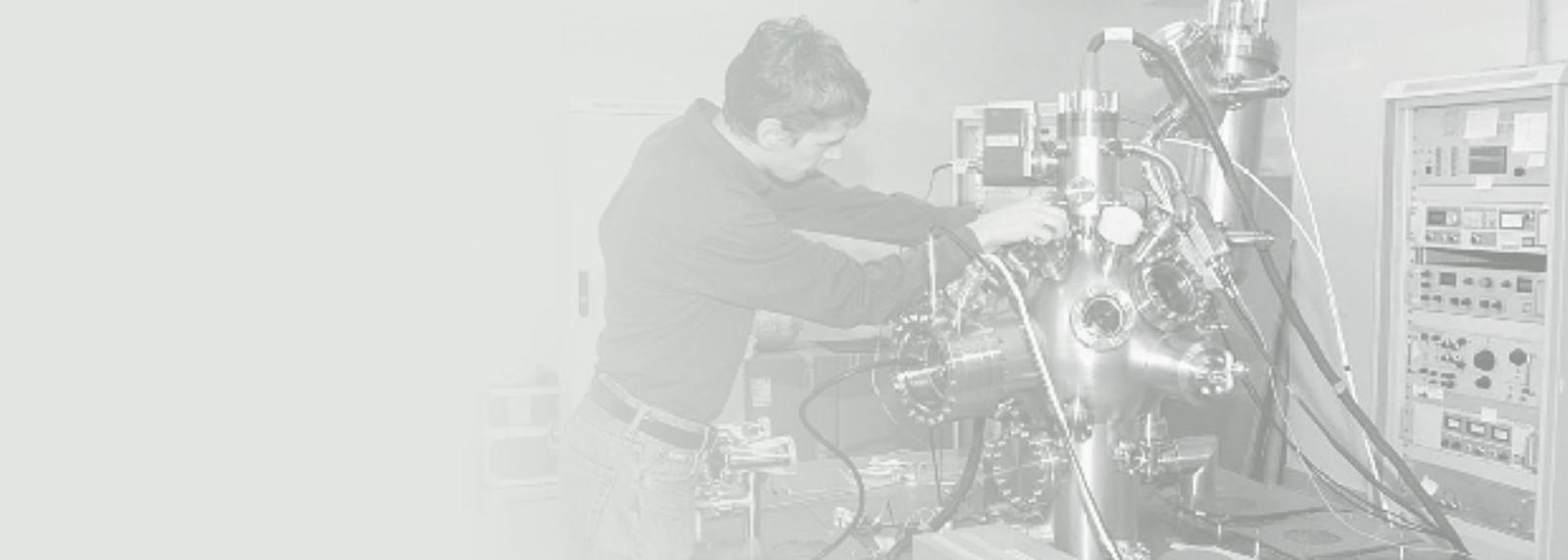
Collaborazioni nazionali ed internazionali:

Università di Perugia, Dipartimento di Fisica (G. Grignani); University of Pennsylvania, Department of Physics (G. Calcagni) e Università di Trento, Dipartimento di Fisica (M. Montobbio).

Nel corso del tempo, lo sviluppo della fisica ha portato a molte 'unificazioni'. Gli esempi più immediati sono l'unificazione di elettricità e magnetismo, ottenuto per mezzo delle equazioni di Maxwell. Altro esempio è dato dalla relatività speciale, dove si abbandona il concetto di tempo assoluto, e spazio e tempo sono concettualmente unificati. In entrambi i casi, le unificazioni non erano dettate da motivi estetici, ma hanno sempre portato ad una comprensione più profonda dei sistemi fisici.

Delle quattro interazioni che si ritengono fondamentali in natura (gravitazionale, elettromagnetica, debole e forte), la gravità è l'unica che non si riesce ad unificare consistentemente in termini di teoria di campo. Nemmeno la sua quantizzazione risulta consistente. Attualmente, l'unico ambito in cui la gravità possa essere unificata alle altre interazioni è per mezzo della teoria delle stringhe: i campi emergono dalle stringhe come modi di vibrazione della stringa stessa e tra questi, insieme al campo elettromagnetico, emerge anche il campo gravitazionale.

Nella teoria di stringa c'è un singolo parametro libero. La dimensione dello spazio-tempo è fissata da considerazioni di simmetria della teoria: 26 dimensioni nel caso bosonico, che diventano 10 nel caso supersimmetrico, necessario per includere anche i fermioni nella teoria. Le stringhe possono essere aperte o chiuse su se stesse. Se aperte, per poter vibrare devono avere gli estremi fissati a qualcosa: le varietà p-dimensionali su cui sono attaccati gli estremi della stringa si chiamano *D-brane* (D sta per Dirichlet, che specifica il tipo di condizioni al contorno). Ad esempio, un piano su cui sono attaccati gli estremi di una stringa vibrante è una 2-brana, e così via. I campi di *gauge* (che descrivono elettromagnetismo, interazione debole e forte) risultano associati alle eccitazioni di stringhe.



ga aperta, e si propagano solo sulla brana. Di conseguenza, noi dovremmo vivere su una sezione 3-dimensionale di una brana p -dimensionale.

Per giustificare la mancata percezione delle extra dimensioni su cui sono definite le stringhe, bisogna assumere che un certo numero di dimensioni (6 nel caso supersimmetrico) siano compatte su scale molto piccole: così come un cilindro molto lungo appare come una retta se visto da molto lontano, noi potremmo in effetti vivere in un universo con un numero superiore di dimensioni senza rendercene conto.

Un'altra caratteristica indesiderata della teoria delle stringhe è la presenza del tachione (particella con massa immaginaria) come eccitazione fondamentale. Questo costituisce un grave problema per le teorie ed è sintomo di instabilità dello stato di vuoto. Un meccanismo analogo a quello della rottura spontanea di simmetria dovrà avere luogo, detto condensazione tachionica: lo stato di vuoto perturbativo dovrà posizionarsi su un massimo del potenziale effettivo, mentre il tachione dovrà condensare ad un minimo (non perturbativo) del potenziale. La teoria dovrà possedere alcuni requisiti (detti congetture di Sen) necessari affinché il fenomeno della condensazione tachionica possa avere luogo.

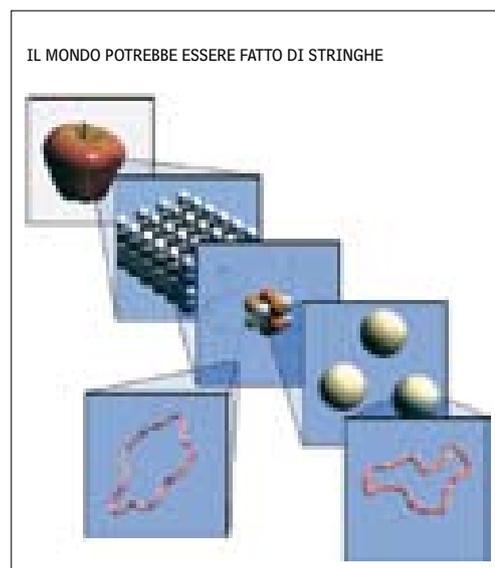
Soluzioni dipendenti dal tempo che descrivano il moto del tachione dal suo massimo perturbativo (instabile) al minimo non-perturbativo (stabile) sono dette soluzioni di rolling. Queste soluzioni sono cruciali per capire:

- il fenomeno della condensazione tachionica
- per giustificare la stessa teoria delle stringhe (altrimenti piagata da stati con massa immaginaria)
- per studiare la cosmologia tachionica.

In particolare, per questo ultimo punto, si deve accoppiare la teoria di campo di stringa con la gravità e studiare che tipo di metrica (e, corrispondentemente, che tipo di universo) può generare il tachione nel suo rolling dal massimo al minimo non-perturbativo. L'obiettivo principale di questa ricerca è quindi lo studio della condensazione tachionica e, qualora fosse possibile, la cosmologia che esso genera.

Principali pubblicazioni:

- E. Coletti, V. Forini, G. Grignani, G. Nardelli, and M. Orselli, "Exact potential and scattering amplitudes from the tachyon non-linear beta-function", *JHEP* **0403**, 030 (2004).
- V. Forini, G. Grignani and G. Nardelli, "A new rolling tachyon solution of cubic string field theory", *JHEP* **03**, 079 (2005).
- G. Calcagni, M. Montobbio and G. Nardelli, "A route to non-local cosmology", *Phys. Rev. D* **76**, 126001 (2007).





Attività di ricerca

Area Fisica

46

Proprietà elettroniche di superfici, interfacce e strati sottili

(Luigi Sangaletti - Patrizia Borghetti - Giovanni Drera)

Parole chiave:

spettroscopia - magnetismo
- fisica delle superfici - ossidi - semiconduttori
- correlazioni elettroniche - fotoemissione

Responsabile:

Luigi Sangaletti (l.sangaletti@dmf.unicatt.it)

Collaborazioni nazionali ed internazionali:

A. Goldoni (Sincrotrone Trieste), Paul S. Bagus (University of North Texas),
V.A. Aguekian (Università di San Pietroburgo),
A. Morgante (Univ. di Trieste),
A. Verdini e L. Floreano (Laboratorio TASC-INFN, Trieste),
M. Bettinelli, A. Speghini (Univ. di Verona),
M. C. Mozzati e P. Galinetto (Univ. di Pavia),
R. Gebauer (ICTP, Trieste)

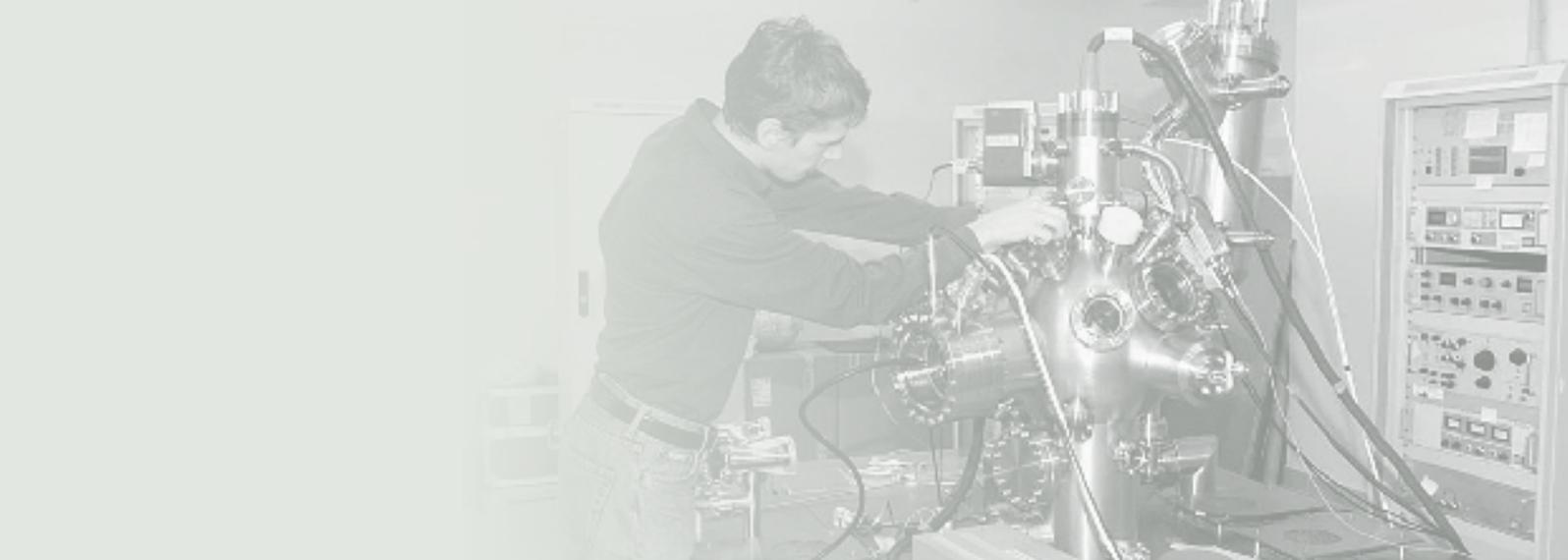
Progetti in corso

- Progetto CARIPL0 - Film sottili di ossidi magnetici diluiti: verso la spintronica trasparente (progetto biennale, Bando 2006)

L'attività di ricerca è basata sullo studio della struttura elettronica di superfici, interfacce e strati sottili. I materiali attualmente oggetto di indagine sono, tra i materiali inorganici, gli ossidi ferromagnetici magnetici diluiti a base di SnO_2 e TiO_2 e i semiconduttori magnetici del tipo $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ e $\text{Mn}_x\text{Ge}_{1-x}$. Questi materiali sono classificabili tra i sistemi a forte correlazione elettronica in virtù delle interazioni a molti corpi tra gli elettroni che determinano le proprietà fisiche di interesse anche applicativo come l'ordinamento magnetico e le proprietà ottiche. È stata avviata di recente una linea di ricerca su strati sottili ed interfacce a base di eumelanina sintetica, un sistema di rilevante interesse biomedico con potenzialità applicative come materiale funzionale per dispositivi ottici o fotovoltaici.

1. Materiali a forte correlazione elettronica: magnetismo e struttura elettronica di superfici, interfacce e super-reticoli

I sistemi correlati sono materiali che presentano una forte interazione elettrone-elettrone e la tendenza a localizzare gli elettroni sugli ioni, riducendo in modo significativo le fluttuazioni di carica tra i siti reticolari. Possono essere classificati tra i sistemi correlati molti materiali magnetici, materiali che presentano una valenza mista, effetti di ordinamento della carica e degli orbitali o transizioni metallo-isolante. Tra i materiali più studiati vi sono i superconduttori ad alta temperatura di transizione e gli ossidi loro precursori, le manganiti, i fermioni pesanti, gli isolanti di Mott-Hubbard, gli isolanti di *charge transfer*, i fullereni e gli ossidi e i semiconduttori magnetici "diluiti". Caratteristica comune a questi sistemi è che una volta drogati con opportuni ioni possono cambiare in modo rilevante le loro proprietà ottiche, magnetiche e di trasporto. In virtù del processo di drogaggio si pos-



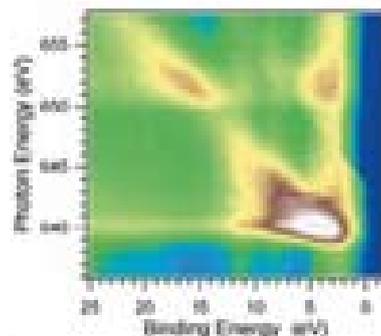
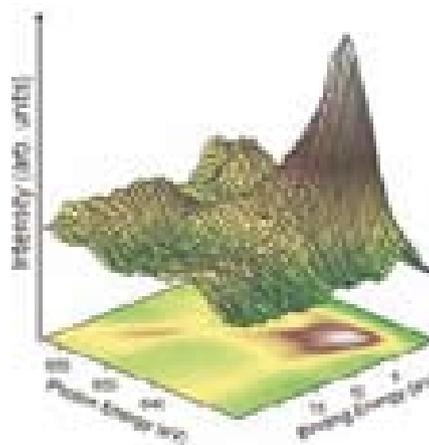
sono, ad esempio, osservare transizioni allo stato superconduttore od ordinamenti magnetici, spesso accompagnati da transizioni di tipo strutturale. La linea di ricerca sui materiali magnetici si sta sviluppando in due direzioni. La prima è quella dello studio delle proprietà elettroniche e magnetiche della interfaccia Mn:Ge(111) e di super-reticoli a base di CdTe drogato con manganese. La seconda riguarda la crescita di cristalli e strati epitassiali di ossidi trasparenti (TiO_2 , SnO_2) drogati con ioni di metalli di transizione 3d, che manifestano un ordine ferromagnetico a temperatura ambiente. Questi materiali sono di interesse applicativo per l'elettronica di spin ("spintronica"). Dal punto di vista sperimentale, l'attività di ricerca sui sistemi correlati è focalizzata sullo studio delle loro proprietà elettroniche attraverso la spettroscopia di fotoemissione, da sorgenti di laboratorio o di sincrotrone. Infatti la fotoemissione ad alta risoluzione dei livelli profondi e quella risonante della banda di valenza permettono di valutare la natura delle correlazioni elettroniche in tali composti e di tracciarne una mappatura al variare della temperatura o del livello di drogaggio. In particolare, la fotoemissione risonante seleziona proprio quelle strutture spettrali che hanno origine dagli effetti di correlazione elettronica. Inoltre lo studio dei livelli profondi dei metalli di transizione e delle terre rare può dare informazioni sulle proprietà magnetiche del materiale quando l'esperimento è condotto in condizioni dicroiche, oltre che sull'intorno chimico dell'atomo fotoemettitore, soprattutto nel caso in cui si eseguano misure di diffrazione dei fotoelettroni.

2. Dinamiche elettroniche in strati sottili e interfacce a base di eumelanina sintetica.

La melanina costituisce un'importante classe di biopolimeri largamente distribuiti in organismi viventi

quali piante e animali. In natura esistono diversi tipi di melanina e la forma predominante nell'uomo è l'eumelanina. Tra le proprietà più caratteristiche della melanina figurano la larga banda di assorbi-

DATI DI SPETTROSCOPIA FOTOELETTRONICA
DA STRATI SOTTILI FERROMAGNETICI DI Mn: Ge (111)



mento nel visibile-UV e la resa quantica radiativa estremamente bassa, che conferiscono a questa macromolecola il ruolo di fotoprotezione nell'organismo umano. La melanina, inoltre, è un efficiente deossidante di radicali liberi e antiossidante, è in grado di condurre elettricamente e di fotocondurre ed è una macromolecola chimicamente molto stabile. Per tali ragioni, la melanina, oltre a suscitare interesse in campo medico e biologico, ha attirato l'attenzione di numerosi fisici che lavorano nell'ambito della biofisica molecolare e della fisica dei materiali, che vedono nella melanina un potenziale materiale innovativo per applicazioni tecnologiche.

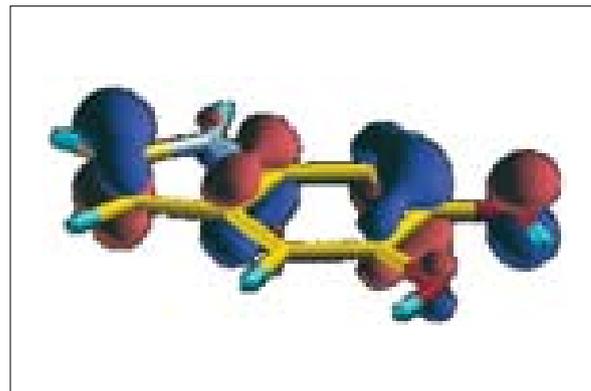
L'attività di ricerca, di carattere prevalentemente sperimentale, è finalizzata allo studio delle dinamiche elettroniche di strati sottili di eumelanina al variare della morfologia degli aggregati di eumelanina. La mappatura degli stati elettronici costituisce infatti un passo fondamentale nella risoluzione della struttura molecolare e quindi nella comprensione del legame che intercorre tra struttura, proprietà e funzioni della melanina. L'attività di ricerca si articola nelle seguenti fasi:

- preparazione di strati ultrasottili e loro caratterizzazione morfologica e strutturale;
- studio delle proprietà elettroniche mediante tecniche di spettroscopia elettronica;
- confronto dei dati sperimentali con i calcoli della struttura elettronica;
- misura della fotoconducibilità e realizzazione di dispositivi.

L'attività sperimentale è condotta presso i laboratori dell'Università Cattolica di Brescia e al sincrotrone Elettra (Trieste) mediante tecniche di spettroscopia Raman, spettroscopia di fotoemissione da raggi X e UV (XPS, UPS), di fotoemissione risonante (RESPES) e spettroscopia di assorbimento di raggi X (XAS).

Principali pubblicazioni:

- L. Sangaletti, F. Parmigiani, and P. S. Bagus
Sum rule to evaluate the exchange energy in core-level photoemission Phys. Rev. B **66**, 115106 (2002).
- L. Sangaletti, S. Pagliara, F. Parmigiani, A. Goldoni, A. Morgante, L. Floreano, V. Aguekian,
Giant resonant photoemission at the Mn 2p-3d absorption threshold of Cd_{1-x}Mn_xTe Phys. Rev. B **67**, 233201 (2003).
- L. Sangaletti, D. Ghidoni, S. Pagliara, A. Goldoni, A. Morgante, L. Floreano, A. Cossaro, M. C. Mozzati, and C. B. Azzoni
Electronic properties of the ordered metallic Mn:Ge(111) interface Phys. Rev. B **72**, (2005) 15 Jul. 2005
- L. Sangaletti, M.C.Mozzati, P.Galinetto, C. B. Azzoni, A. Speghini, M. Bettinelli, and G. Calestani
Ferromagnetism on a paramagnetic host background: the case of rutile TM:TiO₂ single crystals (TM=Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu) J. Phys. Cond. Matter **18**, 7643 (2006).
- L. Sangaletti, S. Pagliara, P.Vilmercati, C. Castellarin-Cudia, P. Borghetti, P. Galinetto, R. Gebauer, A. Goldoni,
Electronic excitations in synthetic eumelanin aggregates probed by soft X-ray spectroscopies J. Phys. Chem. B **111**, 5372 (2007).
- L. Sangaletti, E. Magnano, F. Bondino, C. Cepek, A. Sepe, A. Goldoni,
Interface formation and growth of ferromagnetic thin layers in the Mn:Ge(111) system probed by dichroic soft-X-ray spectroscopies, Phys. Rev. B **75**, 153311 (2007).
- A. Verdini, A. Cossaro, L. Floreano, A. Morgante, A. Goldoni, D. Ghidoni, A. Sepe, S. Pagliara, L. Sangaletti
The local coordination of Mn atoms at the Mn:Ge(111) interface from photoelectron diffraction experiments Phys. Rev. B **77**, 75405 (2008).







Attività di ricerca Area Informatica

50

Valutazione delle prestazioni di servizi e infrastrutture Internet

(Daniele Tessera)

Parole chiave:

- Valutazione delle prestazioni
- Miglioramento delle prestazioni
- Carico di lavoro da elaborare

Responsabili:

Daniele Tessera (d.tessera@dmf.unicatt.it)

Collaborazioni nazionali ed internazionali:

prof. Maria Carla Calzarossa, Università di Pavia;
dr. Luisa Massari, Università di Pavia.

Le attività di ricerca svolte nell'ambito della valutazione delle prestazioni di infrastrutture e servizi Internet sono coordinate dal Dott. Daniele Tessera e sono svolte in collaborazione con altre università e istituti di ricerca nazionale e internazionali.

Principali pubblicazioni:

- M. Calzarossa and D. Tessera, *A Study of the Dynamic Behavior of a Web Site* in J. A. Barria, Editor, "Communication Networks and Computer Systems" (Imperial College Press, London 2006), Chapter 15.
- M. Calzarossa and D. Tessera, *Models of Dynamic Web Content*, in "Proc. Workshop on Methodologies, Techniques and Tools for Performance Evaluation of Complex Systems (FIRB-Perf 2005)" (IEEE Computer Society Press, 2005) pp. 26-33.
- A. Barili, M. Calzarossa and D. Tessera *Modeling Dynamic Web Content*, in "Computer and Information Sciences - ISCS 2004", volume 3280 of Lecture Notes in Computer Science, (Springer, 2004) pp. 648-656.

Le attività di ricerca nell'ambito della valutazione delle prestazioni di servizi e infrastrutture Internet riguardano la definizione e lo studio di indici di prestazione percepita dagli utenti finali. Portali informativi, infrastrutture per il commercio elettronico, la comunicazione di massa, l'e-government, l'intrattenimento e la domotica, sono solo alcuni esempi che evidenziano il ruolo sempre più pervasivo dei servizi Internet.

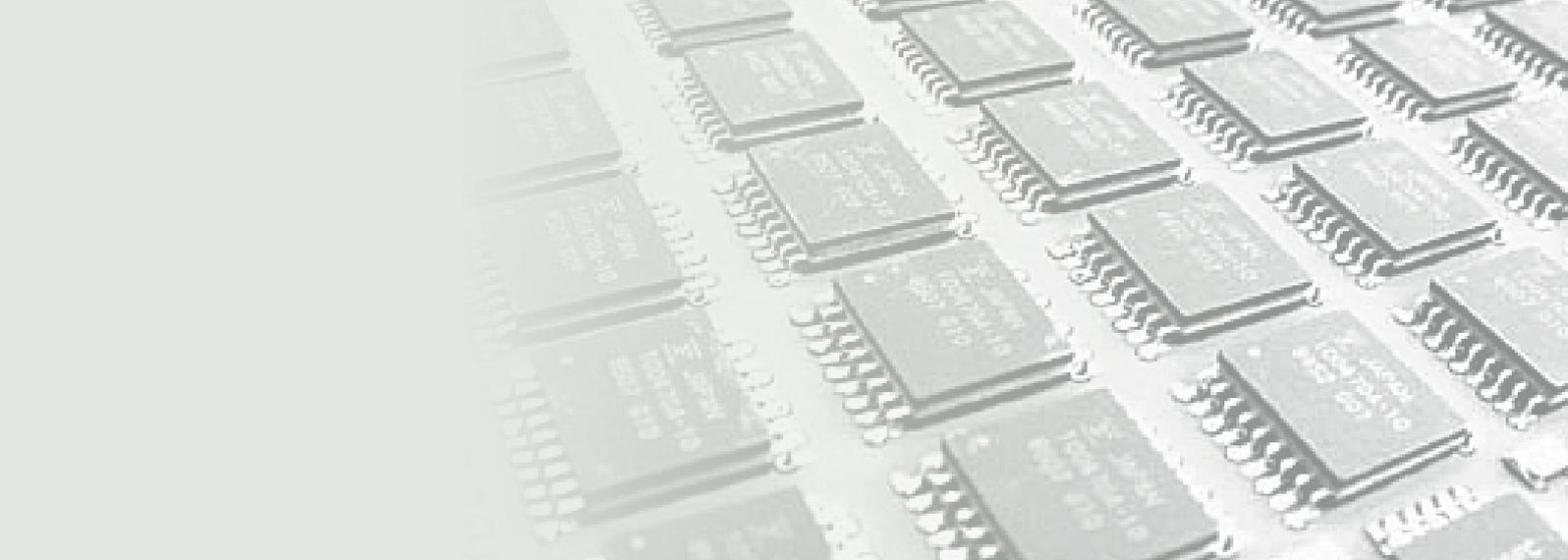
Negli ultimi anni, la crescente diffusione di tecnologie e servizi innovativi ha posto in primo piano il Web come fenomeno di crescente importanza sociale, economica e culturale. Milioni di persone utilizzano quotidianamente il Web per le proprie attività professionali e personali: cercano informazioni, realizzano affari, collaborano, socializzano, comunicano, si divertono.

La disponibilità di infrastrutture di comunicazione globali e integrate sta favorendo lo sviluppo di servizi innovativi a valore aggiunto da parte di una nuova classe di piccoli e grandi fornitori di contenuti e di servizi che offrono i loro prodotti senza dover necessariamente affrontare i rischi e gli investimenti connessi alla creazione di grandi infrastrutture di comunicazione.

Caratteristica comune dei servizi Internet è il coinvolgimento di molte componenti hardware e software e la possibilità di essere acceduti da diversi tipi di dispositivi sia fissi che mobili.

Molti fattori contribuiscono e, spesso determinano, l'efficacia e l'efficienza di tali servizi. In particolare, le prestazioni percepite dagli utenti sono spesso determinate dalle caratteristiche e dalle interazioni tra le varie componenti e infrastrutture tecnologiche coinvolte nell'erogazione del servizio stesso.

Esempi di fattori che possono influenzare le prestazioni sono il carico di lavoro dei server coinvolti durante l'erogazione del servizio, le bande di comunicazione garantite e le condizioni istantanee di



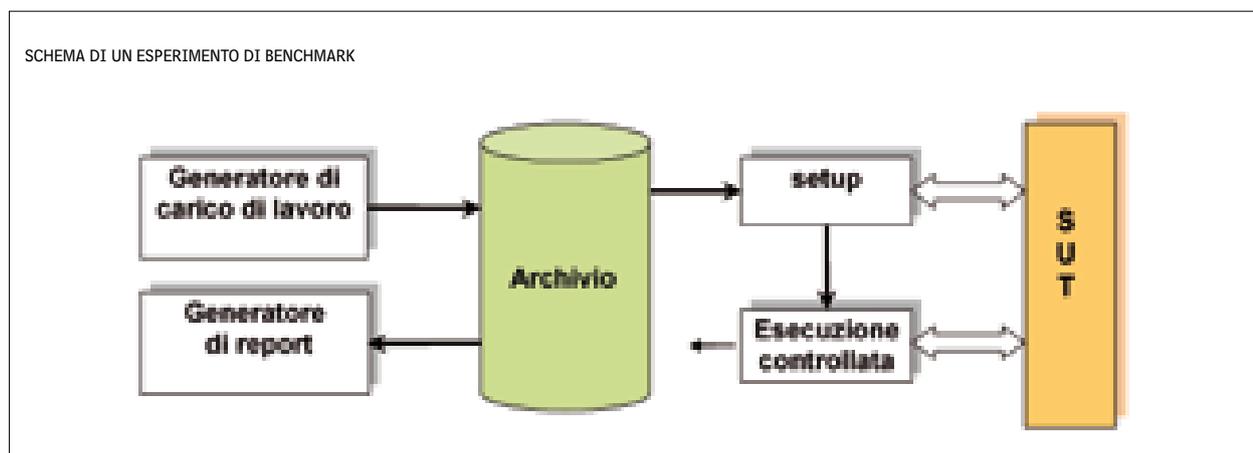
traffico nell'ambito del percorso *end-to-end* delle informazioni scambiate. Le infrastrutture hardware e software coinvolte per l'elaborazione dei servizi devono inoltre adattarsi a variazioni molto repentine della popolarità dei servizi, fino a garantire livelli accettabili di Qualità del Servizio anche in presenza di un elevatissimo numero di utenti.

Le attività di ricerca svolte in questo ambito riguardano lo studio dei fattori che maggiormente influenzano le prestazioni dei servizi Internet. In dettaglio, le ricerche si basano su misure sperimentali ottenute monitorando il comportamento dei servizi/infrastrutture sotto analisi al fine di descrivere realisticamente le caratteristiche del carico di lavoro elaborato.

La descrizione del carico di lavoro elaborato costituisce una premessa fondamentale per studiare l'andamento delle prestazioni in funzione del numero di utenti connessi e al variare delle caratteristiche delle infrastrutture coinvolte. In figura è rappresentato lo schema di un esperimento di benchmark in cui un sistema sotto test è sottoposto ad un carico di lavoro controllato al fine di misurare le prestazioni raggiunte dal sistema.

Nell'ambito dei sistemi per la distribuzione di contenuti Web dinamici (quali ad esempio i portali), gli studi sono rivolti a valutare l'efficacia delle politiche di distribuzione dei contenuti in funzione del tipo di informazione (testuale, grafica, multimediale, interattiva), del tasso di aggiornamento, della dimensione e della popolarità (frequenza di accessi degli utenti) di ciascun contenuto informativo. In questo tema di ricerca si inseriscono anche gli studi dei servizi Web 2.0 legati alle reti sociali. La caratteristica peculiare di questi servizi è il ruolo svolto dagli utenti che sono anche fornitori delle informazioni. Il così detto "effetto rete", insito nella natura sociale di questo tipo di servizi, può portare a crescite repentine del numero di utenti che ne usufruiscono, con un conseguente degrado della Qualità del Servizio e della Qualità dell'Esperienza percepite dagli utenti stessi.

Gli studi in questo settore sono mirati a valutare il carico di lavoro elaborato dai vari server che offrono servizi di social networking e alla identificazione di politiche di bilanciamento del carico e di allocazioni delle risorse in grado di garantire elevati livelli di Qualità del Servizio.





Attività di ricerca Area Informatica

52

Sviluppo di software per la didattica

(Maurizio Paolini - Andrea Pollini)

Parole chiave:

- Didattica della Matematica
- Software libero

Responsabili:

Maurizio Paolini (m.paolini@dmf.unicatt.it)

Collaborazioni nazionali ed internazionali:

*Andrea Centomo, Liceo "F. Corradini - Thiene (VI),
Ulrich Kortenkamp, Alta scuola di Pedagogia
Schwaebisch Gmünd e Technische Universität
Berlin (Germania),
Giuseppe Toscano, Università di Catania.*

*Le attività di ricerca svolte nell'ambito
della valutazione delle prestazioni di infrastrutture
e servizi Internet sono coordinate
dal Dott. Daniele Tessera e sono svolte in collaborazione
con altre università e istituti di ricerca nazionale
e internazionali.*

Il progetto eduKnoppix nasce dalla volontà di rendere fruibili dalle Scuole alcuni software di tipo didattico sviluppati in ambiente GNU/Linux. Si tratta di un ambiente Linux *live*, cioè utilizzabile direttamente da CDROM senza bisogno di installare nulla sul disco fisso. L'idea di utilizzare unicamente software libero (o *open-source*) prende spunto dal libero scambio di idee caratteristico della ricerca scientifica.

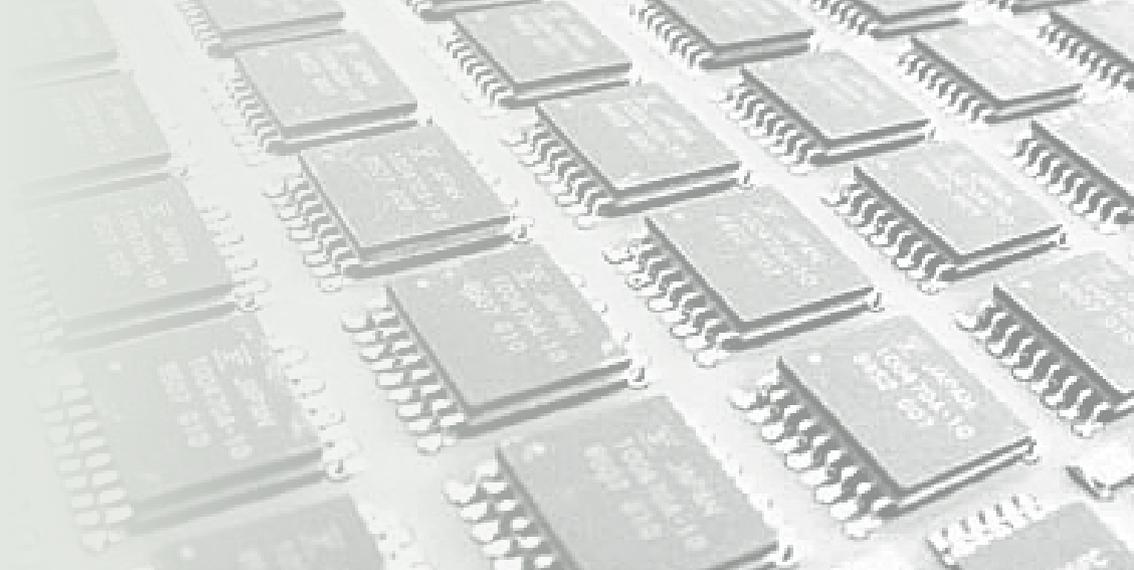
Libero ha come prima implicazione quella di essere gratuito, ma la libertà non è solo data dalla gratuità del software.

Un software libero è un software che consente a tutti gli utenti di avere copie del programma senza dover pagare per la licenza e senza che ne venga limitata la diffusione, che, al contrario, nella licenza viene espressamente incoraggiata. L'adozione del software libero può quindi essere considerata una scelta corretta in particolare dal punto di vista dei principi etici che stanno alla base dell'Università Cattolica.

EduKnoppix nasce come localizzazione italiana di Knoppix ed è stato avviato dal prof. Maurizio Paolini; nel corso del tempo, il progetto ha preso una propria fisionomia, diventando una distribuzione orientata alla didattica nella scuola tra le più diffuse.

Il primo programma didattico ad essere inserito fu *Kig*, un ambiente di geometria interattiva che offre funzionalità avanzate ed al cui sviluppo il Dipartimento di Matematica e Fisica ha attivamente contribuito; ad esso se ne sono aggiunti nel tempo molti altri a coprire le varie aree della didattica.

L'importanza di eduKnoppix nel campo delle distribuzioni italiane orientate alla didattica è sottolineata anche dal fatto che *Indire* (Istituto Nazionale di Documentazione per l'Innovazione e la Ricerca Educativa) ne ha sponsorizzato la diffusione nelle scuole primarie.



Tutti gli utenti possono scaricare l'ultima versione dal sito www.eduknoppix.org. Nel sito del progetto si trovano anche link a documentazione ed esempi di utilizzo.

La versione stabile attuale è la 2.1.10 mentre è in fase di messa a punto la versione 3.

Sfruttando le caratteristiche del filesystem compresso di Knoppix, eduKnoppix contiene un totale di circa 2Gb di software. Uno degli applicativi più importanti è Openoffice.org (www.openoffice.org), specie per la sua compatibilità a livello di formato con i prodotti della suite Microsoft Office. Openoffice.org è la versione libera del prodotto Staroffice di SUN Microsystems.

Il software orientato alla didattica è quello che caratterizza la distribuzione. Numerosi programmi si occupano di geometria interattiva, consentendo all'utente di realizzare costruzioni geometriche anche estremamente complesse

- **Kig:** Software che consente di realizzare complesse costruzioni utilizzando anche Python come linguaggio di scripting.

- **drGeo:** software di geometria interattiva programmabile tramite un dialetto del linguaggio lisp.

- **GeoGebra:** Software che unisce funzionalità algebriche a funzionalità geometriche.

Esistono poi ambienti per il calcolo scientifico, con funzionalità simili a programmi come Matlab, tra questi

- **Scilab:** Software di calcolo numerico sviluppato in Francia dall'INRIA. Interfaccia grafica che facilita la realizzazione di programmi complessi.

Inoltre, qualora si cerchi un ambiente per il calcolo simbolico, sono presenti

- **Maxima:** Software di calcolo simbolico estremamente potente e versatile.

- **Pari-GP:** Software utilizzato nell'ambito della crittografia e della teoria dei numeri.

Per quel che riguarda la scrittura tecnico scientifica è presente un compilatore LaTeX, storico linguaggio professionale per la formattazione di testi, e tre suoi frontend: LyX, Texmacs e Kile. È possibile programmare utilizzando i linguaggi C, Python o Pascal tra gli altri. Sono presenti anche La suite Mozilla per la navigazione web e la gestione di posta e news.

La maggior parte dei programmi hanno documentazione tradotta in italiano. Inoltre sul sito web del progetto è possibile reperire esempi di utilizzo realizzati da docenti e sviluppatori, che consentono di prendere dimestichezza in maniera rapida con i vari ambienti.

Sullo stesso sito è possibile iscriversi ad una *mailing list* per restare sempre in contatto con la comunità degli utilizzatori.

Le attività di sviluppo della distribuzione eduKnoppix sono svolte in collaborazione telematica con altri istituti e centri di ricerca.





Attività di ricerca Area Informatica

54

Teoria dei sistemi e intelligenza artificiale

(Germano Resconi)

Parole chiave:

- teoria logica dei sistemi
- reti neurali - logiche modali
- teoria dell'incursione

Responsabili:

Germano Resconi (g.resconi@dmf.unicatt.it)

L'attività di ricerca si sviluppa, sul piano teorico e sul piano applicativo, con l'obiettivo di individuare, sperimentare e applicare teorie e strumenti concettuali innovativi per la comprensione dei sistemi ad agenti e per lo studio delle varie parti dell'intelligenza artificiale.

L'analisi, la valutazione, la gestione delle teorie riguardanti gli agenti e le loro espressioni come reti neurali, costruzione di modelli concettuali a vari ordini, studio delle mappe concettuali, studio delle ontologie, delle logiche sfumate con studio delle evidenze in logiche modali e infine studio delle strutture linguistiche mediante contesti e semantiche adeguate. Per ultimo anche la possibilità di computazioni mediante parole.

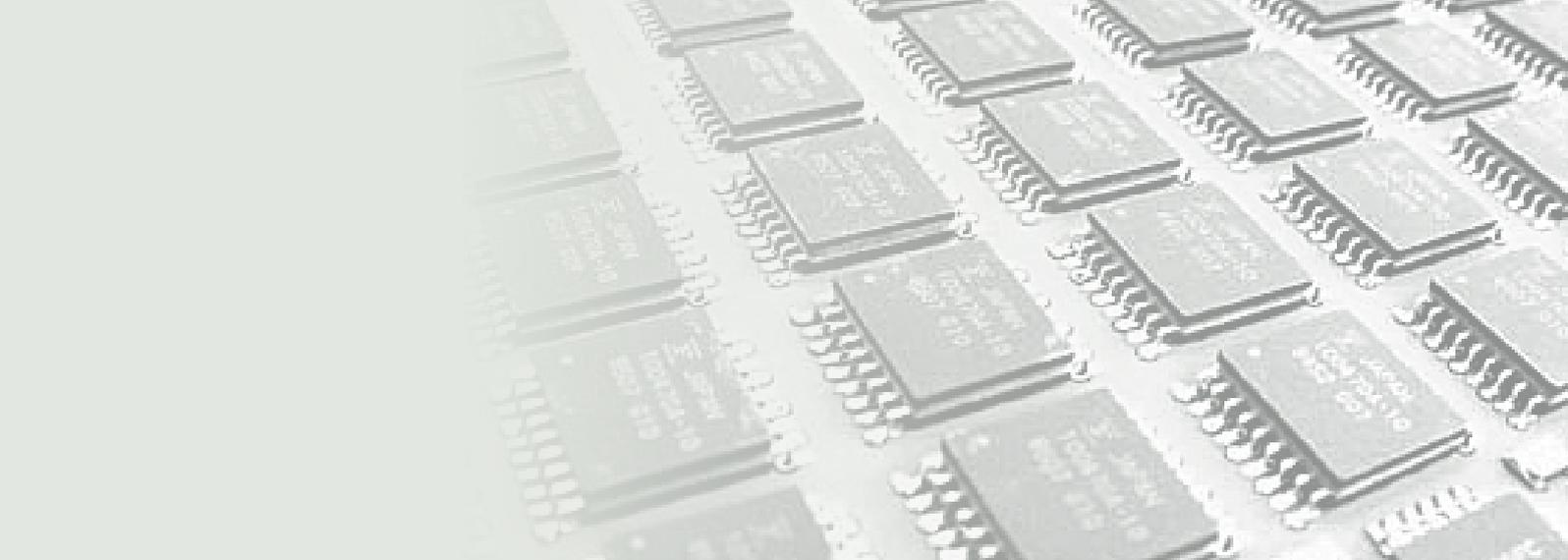
Il compito che ci siamo dati è quello di creare una nuova sintesi della persona e delle sue capacità di natura concettuale. Destinatari delle ricerche, sono fondamentalmente Università e centri di ricerca in tutto il mondo. Gli argomenti di ricerca sviluppati sono trattati di seguito.

1. Teoria logica generale dei sistemi

Su tale argomenti il prof. Resconi ha presentato una intera sessione al terzo congresso Europeo sulla teoria dei sistemi tenuto a Roma. Applicazioni di tale teoria alla teoria generale dei sistemi è stata presentata in collaborazione col prof. Wayne Wymore al congresso EUROCAST'97 tenutosi a Las Palmas nel mese di Febbraio del 1997.

In collaborazione col Prof. Bekey si è applicata tale teoria alla definizione di "agente" informatico e nella definizione dei compiti e delle comunicazioni di *ROBOT* sociali.

Con il gruppo dei prof. Roberto Mignani ed Eliano Pessa dell'Università "La sapienza" di Roma, facoltà di Fisica, si è sviluppata una ricerca volta ad applicare la teoria logica dei Sistemi alla relatività



generale, alle teorie di gauge e ai rapporti intercorrenti fra la meccanica quantistica e le teorie di gauge quali le teorie del tipo elettromagnetico. Inoltre è attiva una ricerca fra la teoria logica generale dei sistemi e particolari strutture algebriche quali la teorie Lie-Isotopiche e Lie- ammissibili che estendono le algebre classiche di Lie.

Con il prof. Gillian Hill e Charles Rattray uno dell'Università "La City" di Londra e l'altro dell'Università di Stirling in Scozia, verrà presentato all'undicesimo congresso internazionale di matematica, di modelli computazionali e computazione scientifica in Washinton D.C. nel 1997 un lavoro sulla la teoria logica generale dei sistemi utile a unificare le diverse strutture di calcolo per creare una vera computazione scientifica.

Con il prof. Rodolfo Faglia, facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi in Brescia e con il prof. Alexander Platonov dell'Istituto di Matematica applicata "Keidysh" all'Accademia delle Scienze di Mosca, vi è una convenzione per mutui scambi di ricercatori per lo sviluppo della teoria logica dei sistemi. Il prof. Resconi è stato inoltre invitato a tenere una serie di conferenze sulla teoria logica generale dei sistemi all'Accademia Russa delle Scienze a Irkutsk in Siberia, collaborando in tale occasione con il prof. Oleg Kasakov alla stesura di un articolo. Tale articolo pubblicato su una rivista internazionale studiava catene di Markov sotto l'effetto di azioni esterne in relazione alla teoria logica generale dei sistemi Tale lavoro fu inoltre presentato al nono congresso mondiale di teorie delle macchine tenuto a Milano il 29 -2-95.

2. Reti neurali

Il prof. Resconi ha presentato a vari congressi un suo modello di Neurone. Egli fu invitato alla scuola estiva sul Soft-Computing organizzata dalla NATO

nei giorni 21-31 Agosto 1996 in Turchia. In tale occasione presento un modello di neurone, denominato poi *NEURONE MORFOGENETICO*. Tale neurone risulta essere molto vicino a quello naturale e sembra possedere capacità di calcolo impossibili al modello neurone attualmente in uso. In questo momento in collaborazione col prof. Rinaldo Polluzzi della Thompson di Milano vi è una collaborazione per uno studio organico del Neurone Morfogenetico in diverse applicazioni.

3. Teorie sull'incertezza e logiche modali

In tale campo il prof. Resconi ha attivato varie collaborazioni sia in America con il prof. George Klir, sia in Giappone con il prof. Tetsuya Murai e prof. Mikinori Nakata, in Germania con il prof. Zimmermann in Canada con il prof. Turksen.

Lo scopo della ricerca e quello che utilizzare la



LOGICA MODALE per unificare i vari modelli sull'incertezza, quali i *FUZZY SETS*, *LA TEORIA DELL'EVIDENZA* e altre. Altro scopo della ricerca è di trovare nuove applicazioni pratiche.

In tale senso è attiva una ricerca con il prof. D. Ruan, A. J. van der Wal per rendere più veloce il metodo numerico *MONTE CARLO* utilizzando la teoria dell'evidenza e una nuova definizione di incertezza elaborata in collaborazione con il prof. G. Klir e prof. Harmanec dell'Università di New York negli Stati Uniti. Tale lavoro è stato presentato al secondo congresso FLINS tenutosi in Belgio il 25-27 Settembre 1996.

4. Teoria dell'incursione: caos e frattali

Con il prof. Daniel Dubois dell'Università di Liege (Belgio), il prof. Resconi ha elaborato una teoria per studiare fenomeni anticipatori, frattali e caotici denominata *TEORIA DELL'INCURSIONE*. In tal senso il prof. Resconi è stato invitato il mese di febbraio del 1995 a tenere una serie di conferenze a Liegi, nell'ambito del progetto europeo COMETT. Tali conferenze si sono poi materializzate in un libro dedicato alla incursione.

Principali pubblicazioni:

- G. Resconi, M. Collard,
"Semantic Extraction with the Morphogenetic Neuron" (Invited paper)
Int. J. Computational 3, n. 3, 93-104 (2005).
- G. Resconi,
"Agents and Uncertainty",
11th International Fuzzy Systems Association World Congress (July 26-31, 2005 Beijing, China) pag. 1743.
- G. Resconi, I. B. Turksen
"Fuzzy truthhoods Bared on an Additive Semantic measure with break of global symmetry in modal logic"
International Journal of Fuzzy Systems 8, n. 1 (2006).
- G. Resconi
"Innovation in Robot Mobility and Control" (Springer, 2006).
- Germano Resconi, Boris Kovalerchuk,
Explanatory Model for the Break of Logic Equivalence y irrational Agents in Elkan's Paradox,
11th International Conference on Computer Aided System Theory (Las Palmas de Gran Canaria, Spain, February 12-16, 2007) pag. 26-33.
- Germano Resconi and Javier Alonso,
Fuzzy Adaptive Objects (Logic of Monitors as Agents)
11th International Conference on Computer Aided System Theory (Las Palmas de Gran Canaria, Spain, February 12-16, 2007) pag 408-414.
- Germano Resconi, M. Nikravesch,
Morphic Computing: Concepts and Foundation,
Chapter in M. Nikravesch, L. A. Zadeh, J. Kacprzyk, "Forging the new Frontiers: Fuzzy Pioneers I" (Springer-Verlag in the series Studies in Fuzziness and Soft Computing July 2007).
- Germano Resconi, M. Nikravesch,
Morphic Computing: Quantum and Field,
Chapter in M. Nikravesch, L.A. Zadeh, J. Kacprzyk, "Forging the new Frontiers: Fuzzy Pioneers II" (Springer -Verlag in the series Studies in Fuzziness and Soft Computing July 2007).
- Germano Resconi, M. Nikravesch,
Morphic Computing,
Applied Soft Computing J. (July 2007).
- Germano Resconi,
Modelling Fuzzy Cognitive Map By Electrical and Chemical Equivalent Circuits,
Joint Conference on Information Science (July 8-24, 2007 Salt Lake City Center, USA).
- Germano Resconi,
The Morphogenetic Systems in Risk Analysis,
Proceeding of the 1 International Conference on Risk Analysis and Crisis Response (September 25 -26, 2007 Shangai, China) pag. 161-165.





Attività di ricerca

Area Ambiente

Fisica dell'ambiente: inquinamento atmosferico, cambiamenti climatici e loro impatti sugli ecosistemi

(Antonio Ballarin Denti - Giacomo Gerosa
Angelo Finco - Riccardo Marzuoli)

Parole chiave:

scambi di energia e gas tra vegetazione e atmosfera -
flussi turbolenti - deposizione di inquinanti -
effetti degli inquinanti sulla vegetazione

Responsabili:

Antonio Ballarin Denti (a.ballarindenti@dmf.unicatt.it)
Giacomo Gerosa (giacomo.gerosa@unicatt.it)

Collaborazioni nazionali ed internazionali:

ACCENT network of excellence (UE)
- *CNR-Istituto di Biologia Agroambientale
e Forestale, Roma (Italia)*
- *Dipartimento di Biologia Vegetale, Università degli studi,
Firenze (Italia), Stockholm Environment institute at
York University of York (Regno Unito)*
- *Task for mapping (UN-ECE) – Centre for Ecology and
Hydrology, Edinburgo (Regno Unito)*
- *Joint Research Centre, Ispra (Italia)*

L'attività di ricerca è di tipo prevalentemente sperimentale ed opera al confine tra la fisica dell'atmosfera, l'ecologia e l'ecotossicologia. Lo studio degli scambi di gas ed energia tra vegetazione e l'atmosfera circostante è studiato a vari livelli. È possibile operare in condizioni di campo studiando il comportamento di interi ecosistemi (agricoli o forestali) utilizzando tecniche di micrometeorologia, una branca della fisica dell'atmosfera che studia i moti, prevalentemente turbolenti che avvengono negli strati più bassi dell'atmosfera. Un altro approccio consiste nel valutare gli effetti di inquinanti sulla vegetazione costruendo ambienti controllati dove vengono alterate le condizioni ambientali, aumentando o diminuendo la concentrazione degli inquinanti.

Scambi gassosi tra atmosfera e vegetazione

a) Micrometeorologia - Gli scambi gassosi tra vegetazione ed atmosfera a livello di ecosistema sono strettamente legati ai moti turbolenti e alla termodinamica dello strato limite planetario. Lo studio dei flussi di calore latente, rilasciato mediante la traspirazione vegetale, e di calore sensibile costituisce un passaggio fondamentale per la comprensione di questi fenomeni. Grazie a tecniche di micrometeorologia come l'*eddy covariance* è possibile determinare la quantità di inquinanti, ad esempio l'ozono, che un ecosistema, agricolo o forestale, assorbe e valutarne gli effetti sulla vegetazione. I risultati di questo tipo di ricerca sono utilizzati per la validazione di modelli di deposizione di ozono per la stima dei livelli critici per la vegetazione. Con la medesima



tecnica di misura è possibile inoltre determinare gli scambi di anidride carbonica e di altri gas serra.

b) Ecotossicologia - La determinazione degli effetti dell'ozono sulla vegetazione può avvenire anche in ambiente controllato: in serre a cielo aperto dove la concentrazione di ozono viene ridotta mediante filtri ai carboni attivi o mediante sistemi di fumigazione in aria libera. Mediante modelli viene determinata la quantità di ozono assorbita per via stomatica ed è possibile così confrontare gli effetti in relazione a differenti assorbimenti di ozono.

La determinazione degli effetti avviene mediante misure di efficienza fotosintetica, con indici radiometrici o valutando l'assimilazione di carbonio o cali di resa in biomassa, frutti, granella o altri parametri qualitativi. Entrambi i sistemi utilizzati per creare un ambiente controllato sono sviluppati appositamente per questo tipo di ricerche in collaborazione con il laboratorio di elettronica del nostro Dipartimento.

Qualità dell'aria

Il nostro gruppo di ricerca si occupa anche di studi della qualità dell'aria, utilizzando anche il laboratorio mobile in dotazione al Dipartimento. Grazie ad esso è possibile effettuare misure dei principali inquinanti sottoposti a controlli per legge. Tali misure trovano una applicazione nelle valutazioni di impatto ambientale. È possibile fornire anche un profilo di concentrazioni integrando queste misure con semplici misure micrometeorologiche. Sono inoltre prodotte mappe di rischio a partire da misure di concentrazione di inquinanti mediante tecniche di geostatistica.

Principali pubblicazioni:

- A. Ballarin Denti, P.A. Bertazzi, S. Facchetti, R. Fanelli, P. Mocarelli (eds), "Chemistry, Man and Environment - The Seveso Accident 20 Years On: Monitoring, Epidemiology and Remediation" (Elsevier, Amsterdam 1999).
- G. Gerosa, R. Marzuoli, S. Cieslik, A. Ballarin-Denti, Stomatal ozone uptake by barley in Italy. "Effective exposure" as a possible link between concentration- and flux-based approaches. *Atmospheric Environment* 38 (15), 2421-2432 (2004).
- G. Gerosa, M. Vitale, A. Finco, F. Manes, A. Ballarin Denti, and S. Cieslik, Ozone uptake by an evergreen Mediterranean forest (*Quercus ilex*) in Italy. Part I: Micrometeorological flux measurements and flux partitioning. *Atmospheric Environment* 39, 3255-3266 (2005).
- M. Ferretti, M. Fagnano, T. Amoriello, M. Badiani, A. Ballarin-Denti, A. Buffoni, F. Bussotti, A. Castagna, S. Cieslik, A. Costantini, A. De Marco, G. Gerosa, G. Lorenzini, F. Manes, G. Merola, C. Nali, E. Paoletti, B. Petriccione, S. Racalbutto, G. Rana, A. Ranieri, A. Tagliaferri, G. Vialeto, M. Vitale, Measuring, modelling and testing ozone exposure, flux and effects on vegetation in southern European conditions - what does not work. A Review from Italy. *Environmental Pollution* 146, 648-658 (2006).
- G. Gerosa, A. Ballarin Denti, Regional scale risk assessment of ozone and forests. In: Karnosky D.F., Percy K.E., Chappelka A.H., Simpson C., Pikkariainen J. (Eds). "Air Pollution, Global Change and Forests in the New Millennium", Elsevier Ltd., 119-139 (ISBN: 0-08-044317-6 Amsterdam, The Netherlands, 2003).



IL GRUPPO DI RICERCA



Attività di ricerca

Area Ambiente

Economia e politica dell'ambiente e dello sviluppo sostenibile

(Stefano Pareglio - Luciano Canova
Maria Luisa Venuta)

Parole chiave:

economia ambientale - valutazione monetaria delle risorse naturali - misure del benessere, analisi di sostenibilità - valutazioni di impatto ambientale e valutazioni ambientali strategiche

Responsabili:

Stefano Pareglio (stefano.pareglio@unicatt.it)

Collaborazioni nazionali ed internazionali:

- *Human Development, Capability and Poverty International Research Centre (HDCP-IRC); International Council for Local Environmental Initiative (ICLEI); FEEM*
- *Fondazione ENI Enrico Mattei;*
- *Istituto Nazionale di Urbanistica.*

Progetti in corso

- PRIN 2004-2005 - Ecogestione del territorio: strumenti e procedure partecipati per lo sviluppo di *audit* della sostenibilità a livello locale;
- PRIN 2006-2007 - Efficienza energetica e ambientale nella trasformazione sostenibile dei sistemi insediativi

L'attività di ricerca si sviluppa, sul piano teorico e sul piano applicativo, con l'obiettivo di individuare, sperimentare e applicare metodologie e strumenti economici innovativi per l'analisi, la valutazione, la gestione, la *governance* e la comunicazione in materia di ambiente e sviluppo sostenibile.

Destinatari delle ricerche, oltre alla comunità scientifica, sono le organizzazioni (enti locali e imprese) chiamate a compiere scelte incidenti sulla sfera ambientale e territoriale o, più in generale, sul benessere collettivo e sulla sostenibilità dello sviluppo.

Le principali competenze, maturate in questi anni attraverso le ricerche svolte in collaborazione con soggetti pubblici e privati, attengono ad alcuni profili principali.

Un primo profilo riguarda la valutazione economica delle risorse naturali e delle esternalità ambientali, anche in relazione agli effetti dell'inquinamento. In questo ambito, una ricerca svolta di recente in collaborazione con ARPA Lombardia, ERSAF e Regione Lombardia ha riguardato la stima monetaria dei danni determinati dall'ozono troposferico su alcune colture agrarie, mediante il ricorso alle funzioni dose-danno e l'impiego di sistemi informativi geografici. Altro profilo di studio è quello orientato alle valutazioni economiche e ambientali di scala territoriale. Obiettivo della ricerche è l'analisi degli effetti determinati dall'evoluzione delle norme e della prassi di governo del territorio, con particolare riguardo agli strumenti di valutazione ambientale *ex ante*, come la valutazione ambientale strategica (VAS) di piani, programmi e politiche e la valutazione di impatto ambientale (VIA) o la valutazione di incidenza (VincA) di opere puntuali o lineari.

Oggetto di studio è anche l'innovazione in materia di strumenti di supporto alle decisioni in campo ambientale, con un'attenzione rivolta alle metodologie monetarie e non monetarie (dalla *cost-benefit analy-*



sis alla *cost effectiveness analysis*, dalla *multi-criteria analysis* all'*analytic hierarchy process*), idonee alla selezione delle alternative preferibili (o non dominate) in presenza di scelte pubbliche che interessano variabili economiche, sociali e ambientali.

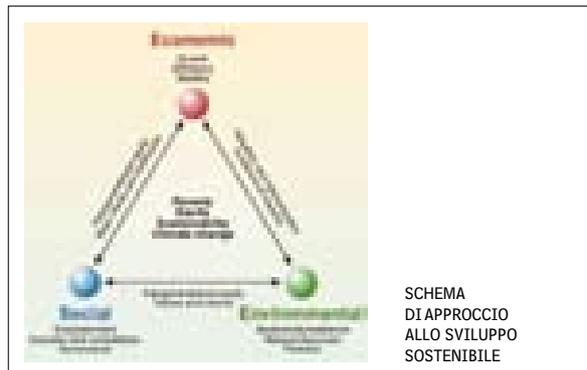
I temi relativi alla valutazione della qualità della vita e del benessere (individuale e collettivo) sono indagati nel quadro di un *network* connesso alle Università di Cambridge (UK), East Anglia (UK), Milano-Bicocca, Pavia e Bergamo e a ENI Corporate University. In quest'ambito si è messo a punto e quindi sperimentato un modello, basato sui sistemi dinamici (denominato MISS e in seguito I-QUAL), per lo studio delle variabili costitutive del *well-being* secondo il *capability approach* di A. K. Sen.

Le ricerche hanno inoltre per oggetto gli strumenti di *reporting* e di *auditing* ambientale, economico e sociale, anche attraverso la costruzione di rapporti informativi, il calcolo di indici sintetici e la definizione di sistemi di *benchmark*. Tali attività, che hanno particolare riguardo alle esigenze di governo degli enti locali, si sono svolte anche nell'ambito di progetti PRIN (2004-2005 - Ecogestione del territorio: strumenti e procedure partecipati per lo sviluppo di *audit* della sostenibilità a livello locale; 2006-2007 - Efficienza energetica e ambientale nella trasformazione sostenibile dei sistemi insediativi)

Per quanto attiene invece le esigenze delle imprese, le ricerche si rivolgono essenzialmente alla *life cycle analysis* dei prodotti, alla contabilità ambientale e delle risorse, nonché alla certificazione ambientale ISO 14001, alla registrazione EMAS e all'etichettatura ecologica. Queste attività hanno portato recentemente alla costituzione della prima "**Scuola EMAS ed Ecolabel della Lombardia**", riconosciuta da APAT e cofinanziata da Camera di Commercio di Brescia, Regione Lombardia e Unioncamere Lombardia.

Principali pubblicazioni:

- M. Grasso, S. Pareglio, *Environmental Valuation in European Union Policy Making*, AERE-EAERE 2002 - 2nd World Congress of Environmental and Resource Economists, Monterey, 24-27 jun. 2002 (book of abstracts, 94) [<http://econwpa.wustl.edu:8089/eps/other/papers/0211/0211001.pdf>].
- M. Grasso, S. Pareglio, *La valutazione economica dei beni ambientali nella costruzione delle politiche europee*, Rivista Internazionale di Scienze Sociali **CX**, 3, pp. 383-413 (2002).
- S. Pareglio, *Teoria economica e governance ambientale. Evoluzione, metodologia e prassi dell'azione locale per la sostenibilità*, Rivista Internazionale di Scienze Sociali **CX**, 4, pp. 519-546 (2002).
- M. Grasso, S. Pareglio, *Freedoms, institutions and sustainable human development in Sen's capability approach*, Rivista Internazionale di Scienze Sociali **CXIV**, 3, 417-432 (2006).
- E. Chiappero Martinetti, M. Grasso, S. Pareglio, *La qualità della vita nelle società avanzate: linee di ricerca per un modello basato sull'approccio delle Capacità di Amartya Sen*, *Economia e Politica Industriale* **34**, 1, 53-73 (2007)
- M. Grasso, S. Pareglio, *Ranking quality of life in the European Union*, Rivista Internazionale di Scienze Sociali **CXV**, 2, 243-263 (2007).
- S. Pareglio, *"Agricoltura, sviluppo rurale e politica regionale nell'Unione europea"* (Franco Angeli, Milano 2007).
- S. Pareglio, *"Il valore dell'ambiente"*, (Vita & Pensiero, Milano 2007).



SCHEMA
DI APPROCCIO
ALLO SVILUPPO
SOSTENIBILE



Strutture presso il Dipartimento

Elenco delle strutture presenti

Vengono qui elencate le principali strutture sia di ricerca, sia didattiche del Dipartimento con l'indicazione del responsabile interno. Segue poi, nelle pagine seguenti, una loro descrizione dettagliata.

- **Lab. A - Elphos 1:** *Dr. Gabriele Ferrini*
- **Lab. B - Fisica delle superfici:** *Prof. Luigi Sangaletti*
- **Lab. C - Nanoscience:** *Dr. Luca Gavioli*
- **Lab. D - Metodi sperimentali della fisica:** *Prof. Luigi Sangaletti*
- **Lab. E - Laboratorio didattico di ottica:** *Dr. Gabriele Ferrini*
- **Lab. F - Elphos 2:** *Dr. Gabriele Ferrini*
- **Lab. G - Laboratorio didattico di elettromagnetismo:**
Dr. Gabriele Ferrini
- **Lab. H - Laboratorio didattico di termodinamica:**
Dr. Stefania Pagliara
- **Lab. I - Laboratorio didattico di meccanica:**
Dr. Stefania Pagliara
- **Lab. L - Fisica ambientale:** *Dr. Giacomo Gerosa*
- **Lab. M - Elettronica:** *Prof. Antonio Ballarin Denti*
- **Lab. N - Laboratorio di fisica moderna:** *Prof. Luigi Sangaletti*
- **Laboratorio di Optoelettronica:** *Dr. Gabriele Ferrini*
 - **Biolab:** *Dr. Gabriele Ferrini*
 - **Centro interuniversitario**

Centri di Ricerca che operano presso il Dipartimento

- **C.R.A.S.L.** (Centro di Ricerche per l'Ambiente e lo Sviluppo sostenibile della Lombardia):
Prof. Antonio Ballarin Denti
- **“Seminario matematico” di Brescia**

I laboratori di ricerca



Laboratorio Nanoscience Fisica dei nanosistemi

Strumentazione di analisi del laboratorio

Tutto l'apparato opera in ultra alto vuoto (UHV), cioè in condizioni di pressione controllate per eliminare l'influenza di agenti esterni come gas residui, acqua, etc.

1) Microscopio a effetto tunnel (STM)

Morfologia e spettroscopia con risoluzione atomica

(*Scanning Tunneling Microscopy*)

Il microscopio si basa su un effetto quantistico e permette di visualizzare la morfologia di sistemi sino al singolo atomo, muovendo una punta metallica sulla superficie da studiare.

2) Microscopio a scansione elettronica (SEM-SAM)

Morfologia con risoluzione di 20 nm (*Scanning Electron Microscopy*).

Il microscopio utilizza un fascio elettronico che scansiona la superficie eccitando elettroni dal sistema, ottenendo così immagini morfologiche su scale da 1 mm a centinaia di nanometri.

In parallelo si ottengono immagini a contrasto elementare e chimico (*Scanning Auger Microscopy*), cioè selezionando l'elemento chimico da studiare, tramite l'analisi dell'energia cinetica degli elettroni emessi dal campione. Le informazioni sullo stato chimico del sistema hanno una risoluzione spaziale di qualche decina di nanometri.

3) Diffrazione di elettroni (LEED)

Struttura e simmetria di superfici ed interfacce (*Low energy Electron Diffraction*).

La tecnica si basa sulla diffrazione di un fascio elettronico da parte di un sistema periodico e ordinato, e fornisce informazioni sulla qualità e sull'ordine a lungo raggio della superficie.

4) Microscopia a forza atomica (AFM)

Morfologia e spettroscopia di forza con risoluzione di qualche nm.

La microscopia si basa sulle forze di interazione atomica tra una punta con raggio di curvatura di qualche nm e il campione. Durante la scansione si misura la deflessione indotta sulla punta che fornisce quindi la morfologia del campione. Può operare in aria e in liquido e quindi anche su sistemi biologici. Può inoltre fornire informazioni risolte spazialmente sul comportamento magnetico del campione.

Strumentazione di preparazione e trattamento di campioni e di sistemi a scala nanometrica

Il sistema di preparazione è interfacciato direttamente con quello di analisi per cui i campioni

possono essere analizzati sempre in condizioni controllate di UHV.

1) Bombardamento ionico (ion gun sputtering)

Si basa sull'utilizzo di un fascio di ioni argon con cui si colpisce la superficie del sistema.

2) Epitassia atomica e molecolare (MBE)

Sfrutta celle di Knudsen per sublimare diversi elementi chimici (Au, Ag, Bi, Fe, Co, Ti) o molecole organiche (pentacene, quatertiofene), sempre in condizioni controllate di vuoto.

3) Crescite da fase di vapore

È possibile introdurre direttamente in camera gas puri come O, CH₄, C₂H₂, H₂, coi quali crescere strutture tipo nanotubi di carbonio.

4) Sorgente di fasci supersonici di nanoparticelle

È un sistema basato sull'espansione supersonica di un gas di particelle dell'elemento da depositare, che viene creato per ablazione da scarica elettrica di un plasma di He, che funge anche da gas di trasporto delle particelle. È possibile controllare le dimensioni delle particelle (da qualche nm fino a qualche decina di nm) e lo spessore del film depositato. È anche possibile interfacciare questa sorgente direttamente con la camera di preparazione in modo da variare le condizioni di deposizione. La sorgente permette di ottenere film nanostrutturati di carbonio, titanio, argento ed altri elementi.

5) Trattamenti al plasma (O, CH₄, N₂) (NEW)

È stata recentemente aggiunta una sorgente di plasma, che utilizza un gas di particelle ionizzate, ma elettricamente neutro per trattare superfici, film sottili, o per indirizzare la crescita di nanotubi. Il plasma si genera a bassa temperatura.

Staff di ricerca:

Luca Gavioli - ricercatore, responsabile:

luca.gavioli@unicatt.it

Iskandar Kholmanov - ricercatore CNR-INFM:

iskandar.kholmanov@dmf.unicatt.it

Mattia Fanetti - post-doc: mattia.fanetti@gmail.com

Emanuele Cavaliere - dottorando:

e.cavaliere@dmf.unicatt.it

Mirco Chiodi - dottorando: chiodi@dmf.unicatt.it



Laboratorio di Elettronica

Il Laboratorio di Elettronica è dedicato anche a dare supporto ai Laboratori di Fisica della Materia e di Fisica Sperimentale.

Concretamente si occupa di riparazioni particolari di strumenti e apparecchiature non assistite da garanzie, e di realizzare nuove apparecchiature secondo le esigenze dei ricercatori e dei docenti

È stato realizzato un congruo numero di strumenti per attuare nuovi metodi di ricerca, specialmente per la Fisica Ambientale.

Anche per la didattica sono state progettate e costruite numerose apparecchiature per misure e sperimentazioni di Fisica.

L'attività del Laboratorio è dedicata anche allo sviluppo di Software, sia con LabVIEW che con linguaggi specifici di vari microprocessori.

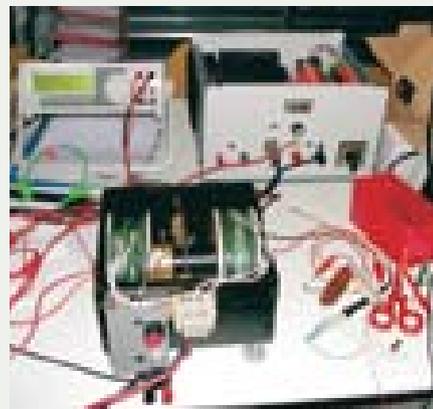
Nel lavoro di collaborazione col CRASL è stato progettato e costruito uno strumento per l'analisi di polveri contenenti amianto, che utilizza un metodo di acquisizione ed elaborazione di immagine sempre nell'ambito LabVIEW.

Il Laboratorio svolge anche lavori per conto di Industrie, che stipulano contratti di consulenza con l'Università.

Staff di ricerca:

Responsabile: Prof. Enrico Zaglio

Tecnico di Laboratorio: Maurizio Bertoni



BioLab: lo sviluppo di un nuovo laboratorio

Il successo riscontrato dalla microscopia a forza atomica (AFM) e dalla microscopia ottica a campo prossimo (SNOM) nel fornire informazioni topografiche e spettroscopiche su distanze nanometriche ha portato, immediatamente subito dopo la loro introduzione, alla applicazione di queste tecniche al di fuori del campo della di fisica dello stato solido, dove sono state utilizzate durante il loro sviluppo. In particolare, questi metodi hanno dato un contributo significativo alla soluzione di problemi in biologia. *BioLab* è un laboratorio di nuova costituzione, che sia avvale della nostra competenza in fisica dello stato solido ed ottica e della collaborazione con l'Istituto di Microbiologia della Facoltà di Agraria della nostra Università per sviluppare una tecnica di microscopia combinata AFM-SNOM appositamente mirata allo studio delle membrane cellulari.

La mutua interazione tra campi di ricerca diversi porterà alla possibilità di avvantaggiarsi dei progressi compiuti nel campo della scienza delle superfici in problemi biologici.

In questo momento gli sforzi sono focalizzati sullo sviluppo e caratterizzazione di microscopi AFM e SNOM dedicati allo studio di campioni biologici. Successivamente verranno impiegati nello studio di membrane cellulari.

La motivazione per l'uso di queste tecniche in biologia viene dalla considerazione che i microscopi a scansione permettono di investigare le funzioni base di cellule e aggregati molecolari con risoluzioni nanometriche, permettendo di ricavare informazioni quantitative sulle proprietà meccaniche (AFM) e chimiche (SNOM). La scelta della tecnica di scansione dipende dagli oggetti che si vogliono studiare e dalle informazioni da ricavare.

Un microscopio a forza atomica misura la forza di interazione tra una punta montata su una lamina elastica (*cantilever*) ed il campione. La mappatura della superficie avviene monitorando la deflessione della lamina causata dalla interazione tra la punta ed il campione, di solito tramite la riflessione di un raggio laser da parte della lamina elastica, che ne modifica la posizione su

Laboratorio di Dinamiche ultraveloci in Sistemi condensati

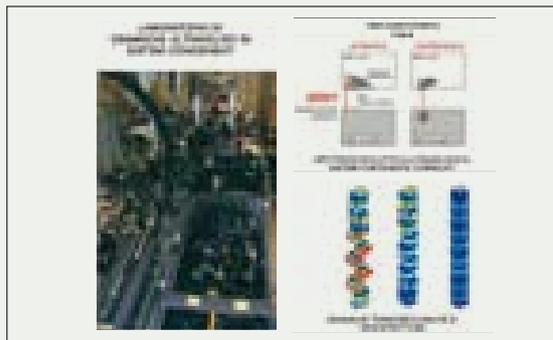
In questo laboratorio vengono effettuate misure ottiche dei processi di rilassamento in sistemi condensati, a seguito della interazione con un impulso di luce ultracorto (10^{-13} s). L'idea alla base di questa tecnica è la seguente: un impulso di luce perturba il sistema portandolo in uno stato fuori equilibrio e un secondo impulso, il cui ritardo dal

primo può essere variato, "sonda" l'evoluzione temporale delle proprietà elettroniche, magnetiche, termiche o strutturali. In questo modo possono essere seguiti processi fisici che avvengono su scale temporali inferiori al picosecondo (10^{-12} s), inaccessibili alle tecniche di tipo tradizionale.

Le linee principali di ricerca sono due:

1. Spettroscopia ottica ultraveloce in sistemi fortemente correlati

Questa linea di ricerca si propone di studiare le dinamiche elettroniche nei sistemi cosiddetti "fortemente correlati", cioè che presentano delle proprietà di conducibilità elettronica anomale, non descrivibili dalle teorie della fisica dello stato solido classiche, a causa delle forti interazioni tra gli elettroni. In questi sistemi un impulso di luce ultra-corto è in grado di perturbare la distribuzione degli elettroni e, quindi, indurre un cambiamento drastico delle proprietà ottiche. L'esempio più importante di questo tipo di materiali è quello dei superconduttori ad alta temperatura critica, in cui meccanismo che causa la superconduttività non è ancora stato individuato. La linea di ricerca attuale consiste nell'indurre una transizione di fase dallo sta-



un fotodiode a quadranti in grado di rivelare piccoli spostamenti del raggio riflesso. La punta viene spostata rispetto alla superficie per mezzo di attuatori piezoelettrici controeazionati sulla luce riflessa. Nel caso della microscopia a campo prossimo, la punta che genera la topografia della superficie è costituita da una fibra ottica il cui nucleo viene rastremato in modo da formare una apertura con un diametro tipico di 20-120 nm, molto più piccolo della lunghezza d'onda usata per illuminarla. La superficie della fibra viene metallizzata in modo che la luce può interagire con l'esterno solo tramite l'apertura. Le dimensioni dell'apertura, più piccole della lunghezza d'onda della luce, non consentono l'esistenza di un campo elettromagnetico propagante all'esterno della fibra, ma solo la presenza di un campo ottico evanescente. In questo modo si crea una sorgente luminosa non propagante che ha le dimensioni dell'apertura e che può interagire con la superficie esterna, dando informazioni spettroscopiche con una risoluzione spaziale confrontabile con le sue dimensioni.

Mentre la microscopia AFM è capace di una alta risoluzione spaziale e dà informazioni non solo topografiche, ma anche meccaniche (adesione, elasticità, attrito), la microscopia SNOM è in grado di identi-

ficare spettroscopicamente le molecole sotto osservazione.

La complementarità di queste due tecniche applicato allo studio delle membrane cellulari e altri problemi in biologia potrà fornire una grande quantità di informazioni sui processi biochimici a livello cellulare.

Staff di ricerca:

G. Ferrini, N. Andreeva, G. Malegori,
F. Parmigiani



to superconduttivo allo stato "normale", attraverso l'eccitazione con un impulso ultracorto.

2. Dinamiche termomeccaniche di nanostrutture

Questo progetto sfrutta la possibilità di scaldare impulsivamente nanostrutture metalliche, depositate su substrati non metallici, attraverso l'assorbimento dell'energia di un impulso ultracorto di luce. A causa del riscaldamento impulsivo e della successiva dilatazione, l'eccitazione causa un processo di scambio di energia termica e meccanica su scale temporali dell'ordine dei picosecondi. Questo tipo di studi apre la strada della calorimetria ottica su scale nanometriche. Attualmente stiamo studiando le proprietà termomeccaniche di reticoli di nanodischi metallici, di dimensioni pari a 100-500 nm, depositati su un substrato di silicio e l'influenza delle deformazioni elastiche indotte dall'interazione con l'impulso laser sulle proprietà magnetiche.

Strumentazione

Il laboratorio è sede di attività di ricerca e offre la possibilità di svolgere tesi triennali e specialistiche nell'am-

bito dei progetti di ricerca in corso di svolgimento. Il laboratorio è equipaggiato con:

- **Camera in ultra-alto vuoto** con analizzatore emisferico di elettroni, camera di preparazione per crescita di campioni ed elettromagneti per misure di magnetizzazione in ultra-alto vuoto
- **Sorgente laser Ti:zaffiro** con lunghezza d'onda tra 700-950 nm, durata dell'impulso di 150 fs e frequenza di ripetizione di 54.3 MHz.
- **Cavity dumper** con lunghezza d'onda tra 700-950 nm, durata dell'impulso di 150 fs e frequenza di ripetizione variabile tra 543 kHz fino a impulso singolo.
- **Generazione di impulsi brevi di luce bianca attraverso fibra fotonica** per avere una sorgente con lunghezza d'onda compresa tra 400-1400 nm.
- **Analizzatore di spettri ottici** nell'intervallo 350-1750 nm di lunghezza d'onda e 0.05 nm di risoluzione massima.
- **Elettromagnete** con campo magnetico massimo di 1.2 T.
- **Criostato** per misure ottiche in configurazione di trasmissione e riflessione fino a 5 K di temperatura.

Staff di ricerca:

G. Ferrini, C. Giannetti, F. Banfi,
S. Pagliara, F. Parmigiani

Laboratorio di Fisica ambientale



Misure di scambi gassosi tra vegetazione e atmosfera:

In collaborazione con il laboratorio di elettronica è stato sviluppato un *porometro dinamico*, uno strumento capace di misurare in continuo la conduttanza stomatica di una piccola pianta o di un ramo posti all'interno di una camera di misura.

La principale innovazione di questo strumento è la possibilità di mantenere all'interno della camera di misura le medesime condizioni ambientali esterne (temperatura e umidità), non alterando in questo modo la risposta della pianta.

Lo strumento permette di studiare le risposte della vegetazione a condizioni controllate (fumigazione con ozono o ossidi di azoto, esposizione o privazione di luce).

Il laboratorio è dotato di due set di strumenti per la misura dei flussi turbolenti di energia e gas mediante la tecnica dell'*eddy covariance*. Questa tecnica prevede l'utilizzo di strumenti che acquisiscano a frequenze almeno di 10 Hz. Ciascun set di strumenti è costituito da:

- un anemometro ultrasonico

Laboratori di Spettroscopia elettronica non-lineare (ELPHOS)



L'attività principale del laboratorio ELPHOS è concentrata sullo sviluppo della fotoemissione elettronica da solidi attraverso processi non-lineari indotti da impulsi laser di durata dell'ordine di decine di femtosecondi.

Il processo di fotoemissione elettronica, a livello microscopico, consiste nella conversione dell'energia di un fotone incidente in energia cinetica di un elettrone (che fa parte del materiale indagato) tramite un processo di *assorbimento*.

L'elettrone così eccitato può essere *fotoemesso*, lasciare la superficie del solido ed essere misurato all'esterno tramite appositi rivelatori.

Le informazioni che si ricavano misurando l'energia cinetica, l'angolo di emissione e lo stato di polarizzazione degli elettroni fotoemessi possono essere correlate direttamente alle proprietà quantistiche dei solidi da cui provengono, studio che è proprio della *spettroscopia elettronica* dei solidi.

Nella sua forma tradizionale la spettroscopia elettronica usa sorgenti di luce continua, come lampade, sorgenti di raggi X e perfino grossi impianti come i sincrotroni.

L'uso di laser ad impulsi corti ha aperto nuove prospettive, aggiungendo la risoluzione temporale e,

- un igrometro a risposta rapida
- un analizzatore di ozono a risposta rapida

Sono a disposizione due differenti igrometri: uno al krypton basato sull'assorbimento ultravioletto e un altro basato sull'assorbimento infrarosso che permette di misurare anche le concentrazioni di anidride carbonica.

La strumentazione per la misura dei flussi turbolenti viene utilizzata in campo per la misura di scambi gassosi tra atmosfera ed ecosistemi agricoli o forestali. Nel corso di queste campagne di misura vengono inoltre utilizzati anche analizzatori di riferimento, di tipo tradizionale, per la misura di gas come l'ozono e gli ossidi di azoto e altri sensori per la misura di altri parametri ambientali e fisiologici (temperatura e umidità relativa dell'aria, radiazione netta e globale, radiazione fotosinteticamente attiva, temperatura e bagnatura fogliare, flussi di calore nel suolo, contenuto idrico del suolo e precipitazioni).

Misure di qualità dell'aria

Il laboratorio mobile è dotato di strumentazione

analitica per la misura dei seguente inquinanti atmosferici:

- NO_x (NO+NO₂): TEI mod. 42C
 - SO₂: ENVIRONNEMENT mod. AF2
 - O₃: TEI mod 49C
 - CO: TEI mod 48C
 - NMHC (idrocarburi non metanici): mod. NI-RA 301
 - PTS e PM₁₀: analizzatore di polveri KIMOTO SPM612 e teste di prelievo TECORA
- Il laboratorio mobile è inoltre dotato di una stazione meteo per il monitoraggio dei seguenti parametri ambientali:
- velocità e direzione del vento (anemometro a cappe e banderuola)
 - temperatura dell'aria
 - umidità dell'aria
 - radiazione solare
 - precipitazioni

Staff di ricerca:

A. Ballarin Denti, G. Gerosa, A. Finco, R. Marzuoli

grazie alle elevate intensità di picco, aprendo la strada alla spettroscopia elettronica non-lineare, cioè basata sull'assorbimento di più di un fotone per ogni elettrone fotoemesso.

La investigazione della fotoemissione nonlineare da metalli con impulsi corti in un ampio intervallo di energie dei fotoni ($0.8 \text{ eV} < h\nu < 6.3 \text{ eV}$), ha portato alla osservazione di elettroni fotoemessi con elevate energie cinetiche, dell'ordine di parecchie decine di eV, anche a intensità di picco modeste.

Questo inaspettato regime ha portato ad indagare l'origine di questo fenomeno e a misurare gli effetti di questa popolazione di elettroni ad alta energia tramite lo studio di stati da potenziale immagine (IPS), una particolare classe di stati elettronici presenti sulla superficie dei solidi che hanno caratteristiche spettroscopiche ben definite e misurabili con precisione.

Questo studio costituisce un buon modello per la comprensione di interazioni a molti corpi, nuovi tipi di eccitazioni elettroniche alla superficie e confronto con le predizioni teoriche.

Tra le osservazioni interessanti che sono emerse la possibilità di cambiare la massa efficace degli elet-

troni residenti negli stati di superficie controllando l'accoppiamento di questi con gli elettroni fuori equilibrio prodotti nel solido dagli impulsi laser. A questo proposito, l'evidenza sperimentale di una fotoemissione sopra soglia, cioè mediata dall'assorbimento di un numero di fotoni *maggiore* di quello necessario alla fotoemissione, è una ulteriore indicazione di questo regime di non equilibrio.

Un attività di ricerca indirizzata verso i composti superconduttori della grafite ha aperto recentemente un altro interessante campo di ricerca in materiali quasi-bidimensionali.

Concludendo, il principale obiettivo dell'attività di questo laboratorio è lo sviluppo della spettroscopia elettronica nonlineare per investigare le questioni più rilevanti della fisica dello stato solido contemporanea come le correlazioni elettroniche, la dipendenza della massa efficace dall'eccitazione, la fotoemissione sopra soglia, la dinamica elettronica non termica, lo studio degli stati di superficie.

Staff di ricerca:

G. Ferrini, S. Pagliara, C. Giannetti, F. Banfi, F. Parmigiani

Laboratorio di Fisica delle Superfici e Spettroscopia

Questo laboratorio è dedicato alla ricerca nel campo delle proprietà elettroniche di solidi, superfici e interfacce con tecniche di fotoemissione, diffrazione di fotoelettroni e diffrazione di elettroni a bassa energia. Il laboratorio è operativo dal giugno del 2000 e, attraverso diversi progetti di ricerca di carattere nazionale (PRIN, progetti INFM, Fondazione Cariplo) e grazie al supporto di Enti ed aziende locali si è via via arricchito nella dotazione strumentale. Il laboratorio ospita abitualmente studenti che si dedicano alla elaborazione di tesi di laurea specialistica in fisica o di dottorato in fisica dello stato solido, fisica delle superfici o in spettroscopia. Il laboratorio offre competenze (i) nel campo della deposizione di strati sottili e ricoprimenti con diverse tecniche tra cui lo *sputtering* a radiofrequenza e l'evaporazione da bombardamento elettronico, (ii) nel campo della progettazione e della gestione di sistemi operanti in ultra-alto vuoto, (iii) nel campo dell'analisi chimico-fisica di materiali, superfici e interfacce con tecniche di spettroscopia elettronica, e (iv) nel campo della spettroscopia ottica e del vicino ultravioletto. I materiali attualmente oggetto di indagine sono, tra i materiali inorganici, gli ossidi ferromagnetici diluiti (*diluted magnetic oxides*: DMO) a base di SnO_2 e TiO_2 e i semiconduttori magnetici del tipo $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ e $\text{Mn}_x\text{Ge}_{1-x}$. E' stata avviata di recente una linea di ricerca su strati sottili ed interfacce a base di eumelanina sintetica, un sistema di rilevante interesse biomedico con potenzialità applicative come materiale funzionale per dispositivi ottici o fotovoltaici.

Dal punto di vista della strumentazione, il laboratorio è dotato di un sistema di tre camere

di analisi, connesse in ultra-alto-vuoto. La prima camera è dedicata alla crescita di strati ultrasottili epitassiali. La seconda camera permette l'analisi della struttura di superficie di tali strati con tecniche di diffrazione di elettroni a bassa energia. La terza camera è dedicata allo studio della struttura elettronica con tecniche di spettroscopia fotoelettronica. Sono disponibili una sorgente di raggi X a doppio anodo (Al e Mg), una sorgente a raggi X monocromatizzata e una lampada UV ad alta intensità. Il rivelatore di elettroni a 32 canali, è stato sviluppato in collaborazione con i laboratori del sincrotrone Elettra (TS) e costituisce uno degli elementi innovativi del sistema. Il manipolatore, dotato di 5 gradi di libertà e operante nell'intervallo di temperature 100-1100 K, è dotato di un sistema di movimentazione controllato via software che permette l'acquisizione dei profili di diffrazione dei fotoelettroni. Completano la dotazione del sistema uno spettrometro di massa (fino a 200 a.m.u.) e un sistema di *sputtering* operante in atmosfera inerte (ioni Ar) o reattiva (miscele Ar-O₂).

La più recente acquisizione è uno spettrometro VG-Scienta R3000 per misure di fotoemissione risolta in angolo ad alta risoluzione energetica. Il sistema è dotato di un rivelatore bidimensionale per la mappatura delle bande elettroniche sia di cristalli singoli che di strati sottili epitassiali. Questo spettrometro sarà il cuore di un nuovo sistema operante in ultra-alto vuoto dedicato espressamente a ricerca di base delle proprietà elettroniche di materiali magnetici semiconduttori o ossidi.

Staff di ricerca:

L. Sangaletti, P. Borghetti, G. Drera





I laboratori didattici di Fisica

“Solo quando cerchiamo di mettere in contatto la parte teorica e quella pratica della nostra preparazione cominciamo a sentire in pieno l’effetto di quella che Faraday ha chiamato inerzia mentale - che non è solo la difficoltà di riconoscere, negli oggetti concreti che ci stanno davanti, la relazione astratta che abbiamo appreso sui libri, ma il doloroso sforzo necessario per strappare la mente dai simboli e concentrarla sugli oggetti, e poi di nuovo dagli oggetti ai simboli... Ma quando abbiamo superato queste difficoltà e siamo riusciti a gettare un ponte sull’abisso tra astratto e concreto, non otteniamo solo un nuovo frammento di conoscenza: acquistiamo i rudimenti di una dote mentale permanente”.

(JAMES CLERK MAXWELL)

La preparazione di un laureato in Fisica deve avere come esperienza fondamentale l’attività di laboratorio. La nostra Facoltà ha scelto, per questo, di dare ai corsi di laboratorio un posto centrale in tutto il percorso di formazione degli studenti. Molte risorse economiche sono state investite e continuano ad essere investite per la strumentazione e molte risorse professionali sono impegnate per rendere efficienti i laboratori. D’altra parte, in una Facoltà relativamente piccola come la nostra, l’accesso ai laboratori è facilitato rispetto agli Atenei più affollati ed offre agli studenti la possibilità di svolgere un lavoro individuale o di gruppo, con un’attenzione didattica particolare da parte dei docenti. L’attività di laboratorio si pone come obiettivo principale quello di sviluppare negli studenti diverse competenze: osservare in modo “creativo” e critico il fenomeno fisico da studiare, analizzare in modo rigoroso i dati sperimentali grazie ad un’attenta valutazione degli errori sperimentali, interpretare in modo accurato il modello teorico in riferimento all’esperimento. Pertanto non si richiede l’esecuzione di istruzioni per arrivare al giusto risultato, ma si educa ad una modalità di lavoro, che sviluppi l’osservazione, la formulazione di ipotesi, l’impostazione dell’esperimento e il confronto con il dato sperimentale. Il lavoro di gruppo, tipico dei nostri laboratori, si propone inoltre di sviluppare le capacità di collaborazione con gli altri nello svolgimento dell’attività scientifica, di distinguere ruoli e responsabilità nel gruppo e di discutere e confrontare le proprie idee con gli altri, alla luce degli errori sperimentali commessi e dei risultati raggiunti. Agli studenti del corso di laurea triennale in Fisica vengono proposti, in alcuni moduli in particolare, percorsi di ricerca, adeguati alle loro conoscenze, in grado di prepararli all’attività di ricerca futura. In particolare durante i tre anni del percorso di laurea in Fisica, vengono offerti diversi corsi di laboratorio obbligatori:



I laboratori di Fisica 1, 2 e 3

Sono stati dotati delle apparecchiature necessarie per eseguire esperienze di fisica che si integrino con il corso di Fisica generale 1, pertanto sono esperienze di dinamica e termodinamica.

Le esperienze proposte sono:
forza centripeta, principi di conservazione della quantità di moto e dell'energia meccanica, attrito dinamico, momento di inerzia, giroscopio, pendolo di torsione, bilancia di Cavendish, moti oscillatori (smorzati, forzati, accoppiati), pendoli armonici, anarmonici, accoppiati, pendolo di Kater, pendolo di Wilberforce, calorimetria e misure del calore specifico, motore termico, trasformazioni adiabatiche, equivalente meccanico della caloria, sonometro, tubo di Kundt.



Il laboratorio di Optoelettronica

È proposto agli studenti come corso a scelta ed è attrezzato per eseguire esperienze relative allo studio di fibre ottiche. Le esperienze proposte sono la misura dell'apertura numerica di una fibra, la misura del fattore di attenuazione di una fibra, lo studio di fibre mono-modo e di fibre a pochi modi, l'accoppiamento tra fibra e sorgenti a semiconduttore, la caratterizzazione di sensori a fibre ottiche. Per gli studenti del corso di laurea specialistica in Fisica, le esperienze di laboratorio dei corsi di Metodi Sperimentali della Fisica Moderna 1,2 si innestano nelle attività dei laboratori di ricerca e, in stretto contatto con i ricercatori, gli studenti sviluppano le competenze per affrontare la loro carriera futura. Le attività proposte quindi variano di anno in anno a seconda delle attività di ricerca condotte nei diversi laboratori.

Responsabile: Stefania Pagliara
Collaboratori: Gianluca Galimberti, Giuseppe Picchiotti, Enrico Zaglio



I laboratori di Ottica, Misure elettriche ed Elettromagnetismo

Sono attrezzati per eseguire esperienze di fisica che si integrino con il corso di Fisica generale 2. Pertanto vengono proposte esperienze quali ad esempio esperimento di Millikan, verifica della legge di Coulomb, misura della capacità di un condensatore, bilancia elettrodinamica, esperimento di Thomson, circuiti elettrici (RC, RLC), interferenza e diffrazione, riflessione e rifrazione, spettri a righe, spettri di assorbimento.



Il laboratorio di Fisica moderna

È dotato di apparecchiature necessarie per eseguire esperienze che si integrino con i corsi del terzo anno, in quanto offrono la possibilità di verificare sperimentalmente alcuni concetti fondamentali della fisica moderna trattati nei corsi di Struttura della materia, Introduzione alla meccanica quantistica e Fisica dei nuclei e delle particelle. La struttura delle esperienze è tale da poter essere arricchita negli anni successivi sia in termini strumentali sia nella possibilità di studio di altri materiali e processi fisici. Agli studenti è affidato un tema particolare da sviluppare, come percorso di ricerca, sia teoricamente che sperimentalmente, per l'intera durata del corso. I temi fino ad ora proposti sono: decadimenti radioattivi, misura dell'indice di rifrazione reale e complesso di diversi materiali attraverso misure ellissometriche, misure dell'indice di rifrazione attraverso misure interferometriche, misure di conducibilità ed effetto Hall di metalli e semiconduttori, misure di luminescenza e assorbimento nel visibile e nel vicino UV, caratterizzazione di fotodiodi e fotocelle, esperimenti di ottica coerente e olografia.



Il laboratorio di Elettronica

Si propone di indirizzare gli studenti verso un metodo didattico legato alla sperimentazione diretta di quanto esposto dal docente. A tale scopo ogni lezione è seguita dal lavoro di sperimentazione svolto da piccoli gruppi, ciascuno con attrezzature e materiali diversi. Gli studenti possono direttamente rendersi conto del livello di apprendimento che sono riusciti a ottenere. Ogni gruppo è dotato della strumentazione necessaria per svolgere il lavoro (alimentatore a bassa tensione, generatore di segnali, strumenti di misura, oscilloscopio ecc.) e un kit di materiali (integrati, componenti passivi, transistori, *bread board* per circuiti sperimentali, connettori ecc.). Il docente e i suoi collaboratori sono sempre a disposizione per dare chiarimenti e spiegazioni anche al di fuori degli orari di lezione, dato che in laboratorio sono sempre presenti una o due persone.



Il Centro di Ricerche per l'Ambiente e lo Sviluppo sostenibile della Lombardia (CRASL)

Il Centro di Ricerche per l'Ambiente e lo Sviluppo sostenibile della Lombardia (CRASL) è una struttura stabile di ricerca dell'Università Cattolica del Sacro Cuore, costituita nel 2002 presso la sede di Brescia. Le attività di ricerca del CRASL sono strettamente collegate con quelle del Dipartimento di Matematica e Fisica, specialmente nell'ambito delle Scienze ambientali. Una particolare attenzione è riservata alla compatibilità tra sviluppo sostenibile locale e sviluppo globale. Il Centro opera in collaborazione con tutte le strutture di ricerca e formazione dell'Ateneo e in collegamento con centri di eccellenza europei attivi nel settore della sostenibilità ambientale. L'obiettivo operativo del Centro è dare una risposta alla crescente domanda di "*sound environmental science*", ovvero di conoscenze sistemiche capaci di supportare efficacemente le decisioni degli organi di governo territoriali e delle imprese, assicurando un costante interscambio con questi utilizzatori finali. Il CRASL si pone come interfaccia tra la realtà universitaria di ricerca e gli enti pubblici e privati che, a livello locale o nazionale, si confrontano con le politiche e normative internazionali in materia di ambiente, energia e sviluppo sostenibile. In particolare le attività del CRASL si concentrano in studi e ricerca applicata sulle condizioni di sostenibilità dello sviluppo economico e territoriale entro i vincoli posti dagli equilibri ambientali.



Area contabilità, reporting e comunicazione ambientale

Quest'area di ricerca si divide in tre filoni:

- Contabilità Ambientale
- Flussi di materiali
- Reporting e Comunicazione Ambientale

Contabilità ambientale Lo sviluppo sostenibile ha bisogno di strumenti di misura. Accanto agli insostituibili indicatori economici si sviluppano metodi di contabilizzazione degli aspetti ambientali. Progressivamente gli enti pubblici si stanno dotando di procedure per arrivare a produrre, in parallelo ai tradizionali bilanci economici, anche bilanci ambientali. Questa nuova contabilità urta contro molte difficoltà che potranno essere superate con un'adeguata sistematizzazione scientifica. Il CRASL, è membro attivo della rete italiana CLEAR, che raccoglie enti pubblici che adottano strumenti per la contabilizzazione ambientale. Nel corso del 2007 il CRASL ha svolto progetti sulla contabilità ambientale dei comuni iseani di Sale Marasino, Polaveno e Marone.

Flussi di materiali Si tratta di un approccio all'analisi in termini di sviluppo sostenibile dei processi produttivi ed antropici che prende in considerazione tutto il ciclo di vita dei prodotti e tende a minimizzare il consumo irreversibile di risorse, come le emissioni. Nel quadro di questo concetto generale hanno trovato largo interesse le analisi del flusso di materiali, adottate da Agenzia Europea sull'Ambiente e da EUROSTAT. Il CRASL partecipa alle attività della rete europea di studi sui flussi di materiali ed energetici ConAccount, attraverso scrittura di paper e partecipazione a conferenze internazionali.

Reporting e comunicazione ambientale Lo scambio di informazioni riguardanti l'ambiente e le interazioni ambiente-economia, e ambiente-qualità della vita sociale acquista un'importanza sempre maggiore nei processi decisionali e collettivi delle società industrializzate. Dal 2002 ad oggi il CRASL ha collaborato con ASM (ora A2A) per il supporto tecnico scientifico alla redazione del Rapporto di Sostenibilità annuale. Nel corso del biennio 2006-2007 ha svolto progetti e azioni di supporto al processo di Agenda21 dei comuni iseani con redazione del Rapporto dello Stato sull'Ambiente e sviluppato il Sistema Territoriale con strumenti innovativi GIS based e fruibili da internet (risultati del progetto sono in: <http://www.agenda21sebinofranciaocorta.it/>).

Comitato Direttivo

Prof. Antonio Ballarin Denti

Ordinario di Fisica Ambientale,
Direttore CRASL, Università Cattolica
del Sacro Cuore (Brescia)

Prof. Luigi Campiglio Prorettore Vicario,
Ordinario di Politica Economica, Università
Cattolica del Sacro Cuore (Milano)

Ing. Renzo Capra Presidente Consiglio
di Sorveglianza di A2A S.p.A.

Prof. Vincenzo Cesareo Ordinario
di Sociologia, Direttore Dipartimento
Sociologia, Università Cattolica del Sacro
Cuore (Milano)

Dr. Luigi Morgano Direttore di Sede,
Università Cattolica del Sacro Cuore (Brescia)

Prof. Stefano Pareglio Associato di
Economia Ambientale e Politica Ambientale,
Università Cattolica del Sacro Cuore (Brescia)

Responsabili aree di ricerca

Dr. Maria Luisa Venuta Coordinamento
CRASL e responsabile aree ricerca

- Contabilità Ambientale
- Flussi di materiali
- Comunicazione e Reporting Ambientale

Dr. Maria Chiesa Responsabile aree ricerca

- Fonti energetiche rinnovabili
- Qualità aria e cambiamenti climatici

Dr. Giacomo Gerosa Responsabile
aree ricerca

- Ecologia applicata ed ecotossicologia
- Controllo degli inquinamenti

Dr. Stefano Oliveri Responsabile aree ricerca

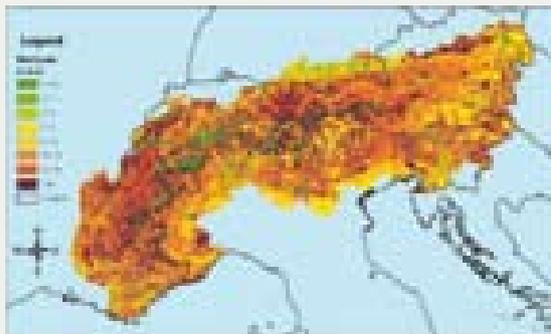
- Analisi territoriali GIS Based
- Analisi di rischio

Collaboratori e assegnisti di ricerca:

Ilaria Beretta, Claudio Bosco, Valerio Corradi,
Giovanna Gagliotti, Francesco Lussignoli,
Stefano Maracci, Denise Salvi, Paolo Seminati,
Giuseppe Triacchini, Xavier Vigorelli,
Sandra Zappella

Area analisi di rischio e analisi territoriali (GIS-based)

RISCHIO DI EROSIONE DEI SUOLI NEL TERRITORIO ALPINO



Quest'area di ricerca si divide in due filoni:

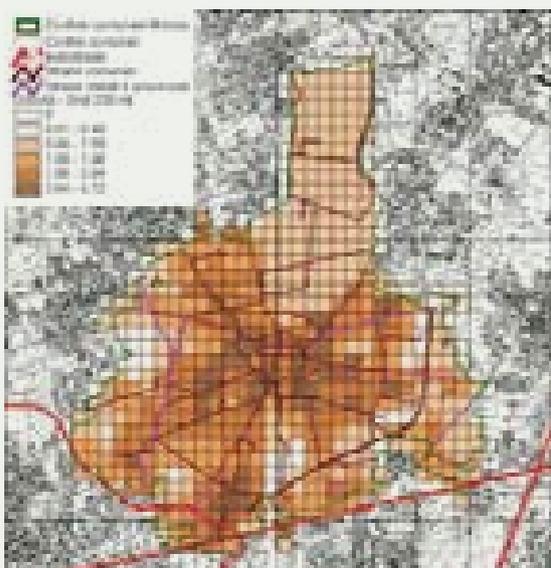
- Analisi territoriali GIS based
- Analisi di rischio

Afferiscono a questa area di ricerca i progetti di studio finalizzati alla pianificazione su vasta scala, attraverso un utilizzo integrato di software GIS, tecniche di tele-rilevamento, modellistica ambientale ed impiego di banche-dati alfanumeriche di grandi dimensioni. Le attività che afferiscono a questa area di ricerca sono orientate a fornire ai decisori, gli strumenti più idonei per indirizzare le proprie politiche verso logiche di sostenibilità ambientale, energetica ed economica. Viene adottato un approccio metodologico a forte vocazione multi-disciplinare, garantito da un gruppo di lavoro con competenze eterogenee, afferenti alle scienze ambientali.

Per quanto riguarda le analisi di rischio, il CRASL ha svolto un ruolo determinante nel Piano Integrato di Prevenzione dei Rischi Maggiori (PRIM) della Regione Lombardia e sta proseguendo nel progetto di ricerca sull'analisi di rischio connessa alla caratterizzazione del rischio legato al trasporto di merci pericolose sul territorio regionale lombardo. Vengono prese in considerazione diverse tipologie di trasporto: su strada, ferrovia, canali navigabili e pipeline. Ver-

Area qualità dell'aria e sistemi energetici sostenibili

MAPPA DI RISCHIO DI INQUINAMENTO ATMOSFERICO



Quest'area di ricerca si divide in due filoni:

- Progetti di analisi di rischio legato all'inquinamento atmosferico
- Ricerche in ambito delle fonti energetiche rinnovabili/idrogeno

I progetti di valutazione del rischio per la salute umana legato alla qualità dell'aria (esempi: città di Monza, Sondrio e Milano) si basano sia su studi di carattere territoriale (individuazione degli elementi di vulnerabilità e pressione presenti sull'area oggetto di studio) che su campagne sperimentali in punti di misura scelti ad hoc sulla base delle criticità individuate dalla mappa di rischio (combinazione lineare delle mappe di vulnerabilità e pressione).

Per quanto riguarda le energie rinnovabili, gli studi si concentrano su sistemi energetici che siano sostenibili dal punto di vista economico e ambientale. Gli studi si focalizzano in particolare su potenziali risorse energetiche (tra cui la pollina) e sul fotovoltaico. In quest'ultimo caso, lo studio di celle realizzate con materiali di disponibilità non limitata sul mercato, poco costosi e non tossici potrebbe portare allo sviluppo nello stesso Dipartimento di sistemi energetici competitivi con le celle tradizionali al silicio.

ranno infine fornite prime indicazioni relative a possibili misure di mitigazione delle criticità territoriali.

Per quanto riguarda le analisi territoriali GIS based, il CRASL ha svolto diversi progetti avvalendosi di strumenti di analisi territoriali georeferenziati come:

- calcolo del potenziale di biomasse sul territorio provinciale bresciano: Il progetto ha avuto per obiettivo la stima georeferenziata, per l'intera provincia di Brescia, della disponibilità di materiale biogenico destinabile a conversione energetica dai settori: forestale, agricolo, zootecnico e dei rifiuti industriali. Sono state inoltre compiute valutazioni relative ai possibili utilizzi delle biomasse presenti nell'area di studio, in un'ottica di sostenibilità ambientale, energetica ed economica.

- ClimChAlp - (www.climchalp.org) è un progetto Interreg III B, proposto e sviluppato nell'ambito della Convenzione delle Alpi. Esso indaga gli impatti che i cambiamenti climatici potranno avere sul territorio alpino per proporre, infine, politiche idonee per la gestione e la mitigazione di tali impatti. Il CRASL ha svolto nel progetto di ClimChAlp l'analisi dell'erosione idrica dei suoli.



Per quanto riguarda l'idrogeno, gli studi si concentrano in particolare su sistemi energetici integrati dove l'idrogeno viene prodotto, stoccato e utilizzato per usi stazionari o per la mobilità. In particolare, due progetti europei sono stati condotti ("Bong-Hy" e "Idrogeno dal sole") al fine di verificare i benefici in termini sia energetici che ambientali dell'idrogeno per applicazioni alla mobilità o stazionarie (produzione in quest'ultimo caso di energia elettrica per un'abitazione privata). Grazie a questi studi il CRASL nel 2006 è diventato membro ufficiale del TASK 18 ("Hydrogen Integrated Systems") dell'HIA (Hydrogen Implementing Agreement) dell'IEA (International Energy Agency).

Area ecologia applicata ed ecotossicologia



MAPPA DI ESPOSIZIONE DA OZONO PER LE FORESTE LOMBARDE

Afferiscono a quest'area gli studi legati alla valutazione dell'impatto che le diverse attività umane hanno sull'ambiente e gli ecosistemi in tutte le loro componenti. Si tratta di una linea di recente istituzione che al momento ha al suo attivo uno studio previsionale degli impatti di un impianto di trattamento di rifiuti tossico-nocivi presso il comune di Ornago (MI). Gli ambiti di applicazione vedono questa linea collaborare spesso con la successiva per quanto riguarda le problematiche riguardanti le foreste, l'agricoltura e lo sfruttamento delle biomasse.



Il Seminario Matematico di Brescia



Il Seminario Matematico di Brescia è un Centro Interuniversitario nato nel 1988 da una convenzione tra Università Cattolica del Sacro Cuore e l'Università degli Studi di Brescia per promuovere e gestire iniziative comuni nell'area della ricerca matematica. Tale Centro riunisce tutti i docenti e i ricercatori che operano nel settore delle scienze matematiche all'interno delle due Università bresciane. Esso ha sede presso il Dipartimento di Matematica e Fisica, integrandosi con le sue attività di ricerca. Con il contributo determinante del Consorzio EULO il Seminario



ogni anno pubblica una serie di Quaderni per diffondere i risultati delle ricerche dei propri aderenti ed organizza inoltre conferenze e seminari scientifici su argomenti di ricerca. Coerentemente con le proprie finalità statutarie ha sviluppato la propria attività in tre direzioni: organizzazione di conferenze e cicli di seminari specialistici nei vari settori della ricerca matematica, con l'apporto di numerosi docenti di grande prestigio nazionale ed internazionale; attività editoriale, con la pubblicazione on-line della collana Quaderni

del Seminario Matematico di Brescia; attività di supporto alla ricerca e promozione della collaborazione scientifica in campo matematico tra i propri membri operanti nelle diverse Facoltà delle università convenzionate. Inoltre, consapevole che la matematica ha assunto un ruolo di grande importanza in tutte le discipline scientifiche, teoriche ed applicate, il Seminario Matematico si propone di allargare il proprio campo di intervento in modo da favorire il rapporto tra ricerca matematica e gli interessi del mondo della cultura e della cittadinanza.

Contatti e ringraziamenti



Dipartimento di Matematica e Fisica
"N.Tartaglia"
Università Cattolica del Sacro Cuore di Brescia
Via Musei 41 - 25121 Brescia
tel. 030.2406.702 - fax 030.2406.742
e-mail: segreteria@dmf.unicatt.it
sito web: <http://www.dmf.unicatt.it/>



La nascita e lo sviluppo di questo dipartimento è merito non solo dei suoi ricercatori, ma anche di alcuni benemeriti soggetti istituzionali ed economici che hanno sempre sostenuto le sue attività di ricerca e la formazione dei suoi giovani ricercatori. Vogliamo in particolare ringraziare:

- l'Ente Bresciano di Istruzione Superiore (EBIS)
- l'Ente Universitario della Lombardia Orientale (EULO)
- la Fondazione Tovini
- la Fondazione CARIPLLO
- La società A2A (già ASM)





Niccolò Tartaglia,
secondo la denominazione
da lui stesso adottata
dopo il ferimento del 1512,
visse e operò nella prima
metà del Cinquecento.
È famoso per alcuni
contributi fondamentali
alla matematica,
come la soluzione
algebrica delle equazioni
cubiche, e alla fisica,
come lo studio del moto
dei gravi applicato
alla balistica.