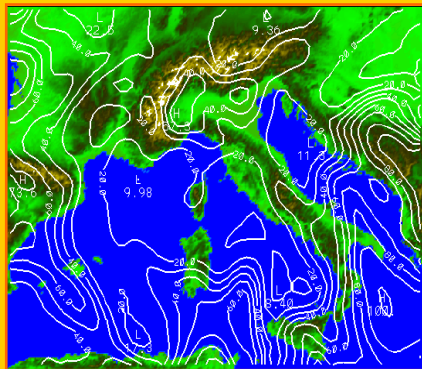


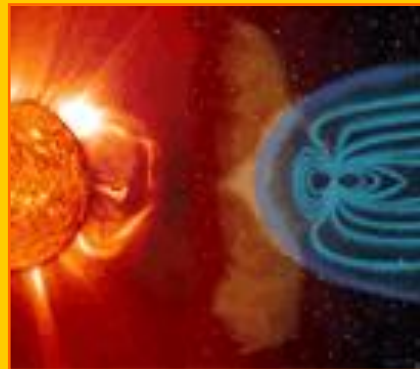
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

DIPARTIMENTO DI FISICA

RELAZIONE SCIENTIFICA 2010



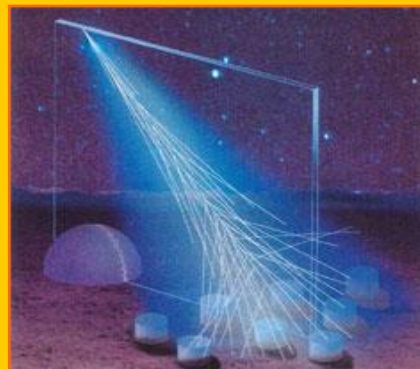
Atmosfera



Spazio



Materia



Particelle Elementari



DIPARTIMENTO DI FISICA

INDICE

- Personale del Dipartimento
 - Organico del Dipartimento
 - Attivita' di ricerca del Dipartimento
-
- Fisica Della Materia
 - Fisica Nucleare e Subnucleare
 - Fisica Dell'atmosfera
 - Fisica Dello Spazio



DIPARTIMENTO DI FISICA

Personale del Dipartimento

PROFESSORI DI I^A FASCIA

MONACELLI	Piero
NARDONE	Michele
PETRERA	Sergio
PIANO MORTARI	Giovanni B.
SANTUCCI	Sandro
VILLANTE	Umberto
VISCONTI	Guido

PROFESSORI DI II^A FASCIA

BEREJANI	Zourab
CAVANNA	Flavio
CIUCHI	Sergio
CONTINENZA	Alessandra
FERRETTI	Rossella
FILIPPONI	Adriano
LUCARI	Franco
MONACHESI	Patrizia
PALLADINO	Libero
PIAZZOLLA	Salvatore
PIERLEONI	Carlo
PITARI	Giovanni
VELLANTE	Massimo

RICERCATORI

BENASSI	Paola
CASIERI	Cinzia
DE LAURETIS	Marcello
D'ORAZIO	Franco
FINETTI	Noemi
FRANCIA	Patrizia
LOZZI	Luca
OTTAVIANO	Luca
PASSACANTANDO	Maurizio
PIETROPAOLO	Ermanno
PILO	Luigi
REDAELLI	Gianluca
RIZI	Vincenzo
VERDECCHIA	Marco
VILLANTE	Francesco



DIPARTIMENTO DI FISICA

PERSONALE TECNICO/AMMINISTRATIVO

nome	cognome	Liv.	Competenze / mansioni	Servizio
Rossella	Rotesi	D	Segretaria Amministrativa	Servizi amministrativi
Sonia	Bruno	C	amministrativo	
Simona	Marinangeli	C	amministrativo	
Vinicio	Argentieri	C	Operatore Elettronico	Servizio Elettronico del CETEMPS
Francesco	Del Grande	D	Operatore Meccanico	Servizio Officina Meccanica
Franco	Giammaria	D	Operatore Elettronico	Servizio Officina Elettronica e Strumentazione
Alberto	Cirella	D	Operatore Elettronico	
Angelo	Gaudieri	C	Operatore Elettronico	
Gianluca	Colaiuda	C	Operatore Elettronico	Servizi Generali
Stefano	Galli	C	Operatore Elettronico	Servizio Calcolo e Reti
Eva	Mancini	D	Operatore Elettronico	
Andrea	Piancatelli	D	Operatore Elettronico	Servizio Didattico
Francesco	Mascaretti	C	Operatore Elettronico	
Lorella	Rossi	C	Operatore Elettronico	



DIPARTIMENTO DI FISICA

Organico del Dipartimento

Direttore: prof. Sandro Santucci
Vicedirettore: Prof. Giovanni Piano Mortari
Segretario Amministrativo: Dr.ssa Rossella Rotesi

Consiglio di Dipartimento

Fanno parte del Consiglio tutti i Professori Ordinari, Associati e Ricercatori afferenti al Dipartimento, Il Segretario Amministrativo, 4 rappresentanti del Personale Tecnico Amministrativo e due rappresentanti dei dottorandi.

Giunta di Direzione

Piano Mortari Gianni	PO	Vicedirezione, Calcolo e Reti, rapporti con INFN
Lucari Franco	PA	Rapporti con CNR/CNISM, gestione locali
Palladino Libero	PA	Didattica, sicurezza
Nardone Michele	PO	Dottorato
Rizi Vincenzo	R	Personale, formazione/orientamento, rapporti CETEMPS
Francia Patrizia	R	Contratti, convenzioni e gestione delle relazioni esterne
Rossi Lorella	C	Sicurezza, rapporti con il personale tecnico
Rotesi Rossella	D	Amministrazione e segreteria della Giunta
Santucci Sandro	PO	Direzione



DIPARTIMENTO DI FISICA

AREA SCIENTIFICA: Fisica Della Materia 02/B – FISICA DELLA MATERIA

L'attività di ricerca nel settore della Fisica della materia condensata si articola in diverse aree di interesse scientifico portate avanti dai vari gruppi che afferiscono al Dipartimento.

In particolare le attività possono essere schematizzate secondo le linee di ricerca sviluppate dai 5 gruppi principali che raccolgono tutti i ricercatori del dipartimento nel settore, pur essendo molto forti le collaborazioni scientifiche tra ricercatori afferenti a gruppi diversi. I gruppi di ricerca svolgono ricerca nelle seguenti aree tematiche:

- Meccanica Statistica
- Fisica della materia in condizioni estreme
- Spettroscopia Raman e Brillouin
- Proprietà magnetiche e magneto-ottiche dei materiali
- Proprietà elettroniche e strutturali di nanomateriali

1) GRUPPO DI RICERCA: MECCANICA STATISTICA

Il gruppo di Meccanica Statistica sviluppa ricerche nel campo delle teorie di campo medio dinamico, di metodi Monte Carlo per lo studio dell'interazione tra elettroni e tra elettroni e reticolo e di metodi a principi primi; svolge inoltre attività sperimentale nel campo del nanoconfinamento dell'acqua in materiali di diversa natura.

Partecipanti:

Cinzia Casieri (RU), Sergio Ciuchi (PA), Patrizia Monachesi (PA), Carlo Pierleoni (PA), Giuseppe D'Adamo (dottorando XXV ciclo)

Collaborazioni:

S. Fratini Institut Neël CNRS Grenoble, Francia
E. Cappeluti Istituto dei Sistemi Complessi CNR Roma, Italia
V. Cataudella Università di Napoli "Federico II"
G. De Filippis Università di Napoli "Federico II"
M. Piacentini, Facoltà ingegneria Univ. Di Roma "La Sapienza", Italia
F. De Luca, Dipart. di Fisica Univ. Roma "La Sapienza", Italia
C. Terenzi, Dipart. di Fisica Univ. Roma "La Sapienza", Italia
M. Brai, Dipart. di Fisica Univ. Palermo, Italia
D. M. Ceperley, Physics Dept. University of Illinois at Urbana-Champaign, USA.
E. Liberatore, Dipartimento di Fisica, Università La Sapienza, Roma, Italia.
E. Schwegler, Lawrence Livermore Nat. Lab., Livermore, California, USA.
M.A. Morales, Lawrence Livermore Nat. Lab., Livermore, California, USA.
J.P. Hansen, Chemistry Dept., University of Cambridge, UK.
M. Holzmann, CNRS Grenoble, Francia.
L. Delle Site, MPI für Polymerforschung, Mainz, Germania.



DIPARTIMENTO DI FISICA

G. Ciccotti, Dipartimento di Fisica, Università “La Sapienza”, Roma, Italia.

S. Bonella, Dipartimento di Fisica, Università “La Sapienza”, Roma, Italia.

O. Eriksson, Uppsala University, Svezia

F. Della Sala, NNL, Lecce, Italia

M.G. Betti, Dipartimento di Fisica, Università La Sapienza, Roma, Italia

C. Mariani, , Dipartimento di Fisica Università La Sapienza, Roma, Italia

T.P. Gasche, Military Academy, Lisboa, Portugal

M.M. Cruz, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

T.Björkman, Aalto School of Science, Helsinki, Finland

Attività di ricerca:

Linea di ricerca 1-a: **Studio dell'interazione elettrone-reticolo**

I sistemi studiati sono di due tipi: i) superconduttori ad alta T_c , ii) sistemi monocristallini organici. Nel primo caso nel 2010 abbiamo proseguito lo studio con tecniche DMFT delle proprietà spettrali ed ottiche per una singola buca in un environment antiferromagnetico [a.2]. Tale soluzione è stata applicata all'interpretazione dei dati sperimentali per le proprietà ottiche del superconduttore ad alta T_c NdCeCuO.

Nel caso dei sistemi monocristallini organici si sono studiati modelli per le interface fra cristalli organici e gate dielettrici [a.1]. In particolare si è trovato che le interazioni dei portatori con i modi fononici di interfaccia operano sinergicamente con le interazioni presenti nel cristallo organico stabilizzando uno stato polaronico di interfaccia.

Linea di ricerca 1-b: **Studio dell'idrogeno ad alta pressione**

Negli ultimi sei anni è stato sviluppato il Coupled Electron-Ion Monte Carlo (CEIMC) particolarmente adatto a studiare l'idrogeno nella regione di metallizzazione. Nel 2010 abbiamo intrapreso un confronto sistematico tra le predizioni del CEIMC e quelle dei metodi ab-initio basati sulla teoria del Funzionale Densità (DFT) per l'idrogeno, trovando che il DFT-GGA descrive lo stato elettronico dell'idrogeno ad alta pressione in maniera adeguata salvo intorno alla zona dove il sistema metallizza [b.1]. Abbiamo inoltre ottenuto la prima predizione quantitativa dell'esistenza di una linea di transizione del primo ordine tra la fase molecolare isolante e monoatomica metallica nell'idrogeno ad alta pressione e in fase fluida [b.2]. Questa linea incontra la linea di fusione del cristallo molecolare a bassa temperatura ($T \sim 500K$, $P \sim 300GPa$) e termina in un punto critico ad alta temperatura ($T_c \sim 2000K$, $P_c \sim 140GPa$).

Linea di ricerca 1-c: **Studio ab-initio di materiali nanostrutturati**

Tramite calcoli basati sul metodo 'ab initio' FP-LMTO (HYPERLINK "<http://www.rspt.net/>" "www.rspt.net)) per lo studio di proprietà strutturali, ottiche e magnetiche di materiali nanostrutturati, sono stati studiati ibridi di molecole organiche su substrati metallici, ed è stata iniziata una nuova ricerca sui composti Nitruroidi di Fe, Co, Ni, ferromagneti conduttori, strutturati in films/nanoparticelle su substrati, utilizzati per la realizzazione di dispositivi magnetici e magnetoresistivi. La ricerca teorica è parte di un ampio progetto (L'Aquila, Lisbona (Gasche), Uppsala (Eriksson), Helsinki (Bjorkman) a supporto del progetto sperimentale dell'Università di Lisbona (Cruz & al, FCT-Portugal - project PTDC/FIS/102270/2008 "Nanostructured magnetic nitrides") la cui idea innovativa è un'architettura di impiantazione di azoto controllata mirata a stabilire il rapporto quantitativo tra la direzione di impiantazione nella matrice e l'anisotropia magnetica del composto.



DIPARTIMENTO DI FISICA

Linea di ricerca 1-d: **Modelli coarse-grained per lo studio di polimeri**

In collaborazione con il Dipartimento di Chimica dell'Università di Cambridge (UK), abbiamo applicato una nuova tecnica al calcolo dell'energia libera di cristalli di micelle per determinare la stabilità relativa di diverse strutture cristalline [d.1].

Linea di ricerca 1-e: **Studio sperimentale con spettroscopia a risonanza magnetica nucleare**

L'attività di tipo sperimentale, tramite spettroscopia a risonanza magnetica nucleare in bassa e alta risoluzione, ha proseguito lo studio dell'idratazione di materiali di diversa natura: macromolecole d'interesse biologico, membrane polimeriche, utilizzate nelle celle a combustibile [e.1], e materiali caratterizzati da porosità a multiscale, come in questo caso legno [e.2] e ceramica [e.3, e.4], al fine della conservazione e del restauro dei Beni Culturali.

Linea di ricerca 1-f: **Studio delle funzioni di correlazione temporali**

E' iniziato uno studio teorico delle funzioni di correlazione temporali (FCT) simmetrizzate di generici sistemi quanto-statistici in termini di integrali di cammino di Feynman in tempo complesso. Esprimendo le funzioni in termini di somma e differenza di variabili del cammino, abbiamo derivato l'approssimazione semiclassica al prim'ordine nelle variabili differenza e mostrato come la scrittura in termini di integrali di cammino si riduce alla dinamica del sistema classico equivalente. All'ordine successivo dello sviluppo la delocalizzazione quantistica si manifesta anche nel limite semiclassico e impedisce l'interpretazione del propagatore come somma su traiettorie classiche adeguatamente pesate, impedendo di fatto lo sviluppo di uno schema di calcolo numerico [f.1].

Sfruttando la proprietà di convoluzione dei propagatori in tempo complesso abbiamo poi sviluppato uno schema numerico per il calcolo delle FCT quanto-statistiche, costituito da una sequenza di propagatori classici per tempi corti inframmezzati da propagatori quantistici (path integrals), che combinati rappresentano la matrice densità termica. Impiegando lo sviluppo semiclassico di cui sopra in ogni breve intervallo temporale abbiamo sviluppato un algoritmo per il calcolo numerico delle FCT e testato la sua applicabilità nel caso di semplici modelli unidimensionali. Abbiamo inoltre esplorato lo scaling con il numero dei gradi di libertà del sistema [f.2].

Publicazioni su riviste con referees:

1. [a.1] G. DE FILIPPIS, V. CATAUDELLA, S. FRATINI, S. CIUCHI (2010). *On the interface polaron formation in organic field-effect transistors*. PHYSICAL REVIEW. B, CONDENSED MATTER AND MATERIALS PHYSICS, vol. 82, ISSN: 1098-0121, doi: 10.1103/PhysRevB.82.205306
2. [a.2] S. CIUCHI, E. CAPPELLUTI AND S. FRATINI (2010). *Optical conductivity of spin/lattice polarons in underdoped copper oxides*. JOURNAL OF ELECTRON SPECTROSCOPY AND RELATED PHENOMENA, vol. 28-30, ISSN: 0368-2048, doi: 10.1016/j.elspec.2010.05.023
3. [b.1] M.A. MORALES, PIERLEONI C, D.M. CEPERLEY (2010). *Equation of state of metallic hydrogen from Coupled Electron-Ion Monte Carlo simulations*. PHYSICAL REVIEW E, STATISTICAL, NONLINEAR, AND SOFT MATTER PHYSICS, vol. 81, p. 021202-1-021202-9, ISSN: 1539-3755, doi: 10.1103/PhysRevE.81.021202
4. [b.2] M.A.MORALES, PIERLEONI C, E. SCHWEGLER AND D.M. CEPERLEY (2010). *Evidence*



DIPARTIMENTO DI FISICA

- for a first-order liquid-liquid transition in high-pressure hydrogen from ab-initio simulations.* PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA, vol. 108, p. 12799-12803, ISSN: 0027-8424
5. [d.1] G. D'ADAMO, PIERLEONI C (2010). *Free energies of crystals of diblock copolymers micelles in solutions.* THE JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS, vol. 133, ISSN: 0021-9606, doi: 10.1063/1.3509391
 6. [e.1] CASIERI C, MONACO A, DE LUCA F. (2010). *Evidence of Temperature-Induced Subdiffusion of Water on the Micrometer Scale in a Nafion Membrane.* Macromolecules. Vol. 43, 638-642.
 7. [e.2] SENNI L, CAPONERO M, CASIERI C, FELLI F, DE LUCA F. (2010). *Moisture content and strain relation in wood by Bragg grating sensor and unilateral NMR.* Wood science and technology. vol.44, 165-175 ISSN: 0043-7719.
 8. [e.3] TERENCE C, CASIERI C, FELICI AC, PIACENTINI M, VENDITTELLI M, DE LUCA F. (2010). *Characterization of elemental and firing-dependent properties of Phlegrean ceramics by non-destructive ED-XRF and NMR techniques.* Journal of Archaeological Science. vol. 37, 1403-1412 ISSN: 0043-7719.
 9. [e.4] CASIERI C, DE LUCA F, NODARI L, RUSSO U, TERENCE C. (2010). *Detection of magnetic environments in porous media by low-field 2D NMR relaxometry.* Chemical Physics Letters. vol. 496, 223-226 ISSN: 0009-2614.
 10. [f.1] S. BONELLA, M. MONTEFERRANTE, PIERLEONI C, CICCOTTI G (2010). *Path Integral based calculations of symmetrized time correlation functions I.* THE JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS, vol. 133, ISSN: 0021-9606, doi: 10.1063/1.3493448
 11. [f.2] BONELLA S, MONTEFERRANTE M, PIERLEONI C, CICCOTTI G (2010). *Path Integral based calculations of symmetrized time correlation functions II.* THE JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS, vol. 133, ISSN: 0021-9606, doi: 10.1063/1.3493449

Partecipazioni a congressi:

1. S. Ciuchi - *Carrier dynamics in organic molecular semiconductors*, oral presentation - LEES 2010, Geneve, 5-10 July 2010,
2. S. Ciuchi - chairman "Organics and Heterostructures" session - 1st International Workshop: The New Generation in Strongly Correlated Electron Systems, Lanzarote, 20-26 June 2010.
3. S. Ciuchi - *Transport and optics in organic single crystal FETs* - Emerging Trends in Advanced Correlated Materials, Capri, 5-8 October 2010, "" oral presentation
4. C. Pierleoni - *Coarse-grained model for diblock copolymers in solutions*, (invited) "International Conference on Multiscale Molecular Modelling: Molecular Dynamics, Computational Statistical Mechanics, and Simulation Algorithms", Edinburgh, UK giugno 2010.
5. C. Pierleoni *The coupled electron-ion method and its application to the metal-insulating transition in fluid hydrogen at high pressure* (invited) - "New Approaches in Many-Electron Theory", Mainz, Germany, settembre 2010.
6. P. Monachesi - *Properties of layered materials in "ab initio calculations"* : reliability of RSPt, International Workshop on Full Potential Linear Muffin Tin Orbital, October 4-8, 2010, University of Uppsala, (Sweden), invited
7. P. Monachesi - *Metallic Surfaces as Optical Probes for Absorption of Organic Molecules*, Encontro Nacional de Fisica da Materia Condensada, Instituto Tecnico Superior, February 18-19, 2010 Lisboa



DIPARTIMENTO DI FISICA

(Portugal) (oral)

8. P. Monachesi, *Absorption properties of pyrrole/Al(100)*, Società Italiana di Fisica, September 20, 2010 Bologna (Italy) (oral).

Progetti finanziati:

COFIN 2007: “Effetti di forte correlazione elettronica in materiali non convenzionali e/o in condizioni fisiche estreme: modelli e metodi.” responsabile locale C. Pierleoni, Coordinatore nazionale L. Pietronero (questo finanziamento è stato esteso a tutto il 2010)

Cofinanziamento MIUR assegnato all'unità di ricerca 48.102 Euro

Quota ateneo assegnata all'unità di ricerca (quota forfet.: 8.737 (10%) + risorse disp.: 30.534): 39.271 Euro

Cofinanziamento totale 87.373 Euro

LLP -ERASMUS project :Individual Work Programme for Staff Training Mobility , February-March 2010, Universidade de Lisboa, Portugal (PL02 Erasmus code)

Progetti per risorse di calcolo:

2009-2010: CASPUR Competitive HPC Grant 2009 sul progetto “Coupled Electron-Ion Monte Carlo Study of High Pressure Hydrogen. Allocazione di 1M ore di CPU.

2009-2010: DEISA Extreme Computing Initiative (DECI-5) grant di 600K ore di CPU sul progetto HiPHYQMC, nell'ambito del 7 programma quadro della EU.

ISCRA-Cineca Project “NIMFE” C-grant HP10CL3GW1 2010

2) GRUPPO DI RICERCA: FISICA DELLA MATERIA IN CONDIZIONI ESTREME

Il gruppo di ricerca si interessa di proprietà della materia condensata in condizioni di pressione e densità estreme e della progettazione e realizzazione di esperienze didattiche.

Partecipanti:

Umberto Buontempo (PO), Adriano Filipponi (PA)

Collaborazioni:

Università di Camerino, prof. A. Di Cicco

Università La Sapienza, Roma, prof. P. D'Angelo

Linea di ricerca 2-a: Studio della materia condensata in condizioni estreme

L'attività di ricerca è stata condotta prevalentemente nell'ambito del progetto TIMEX <http://gnxas.unicam.it/TIMEX/> dedicato alla realizzazione di una stazione sperimentale per lo studio della warm dense matter presso la Facility FERMI@Elettra (Free Electron Laser) di Trieste in collaborazione con un gruppo di ricerca dell'Università di Camerino. Il gruppo dell'Aquila ha contribuito



DIPARTIMENTO DI FISICA

ad alcune attività sperimentali (montaggio della camera, partecipazione ad alcuni turni di commissioning) e alla messa a punto di una tecnica di diagnostica pirometrica per ottenere informazioni sulla temperatura del campione e sull'energia (depositata dopo l'eccitazione di pompa) sfruttando le proprietà dell'equazione di diffusione del calore e misurando l'evoluzione temporale della temperatura su scale di tempi (lente) di 0.01-10 ms a distanze opportune dal punto di eccitazione. Il lavoro è basato sullo sviluppo di un programma di simulazione del profilo di temperatura utilizzando metodi ad elementi finiti in $d=2$ che tiene conto della conduzione del calore dell'irraggiamento in superficie e della dipendenza dalla temperatura dei parametri del modello. La analisi dei profili sperimentali viene condotta con un approccio Bayesiano che permette di ricavare il profilo di energia depositata dal fascio di pompa. Il lavoro sta procedendo con l'esecuzione e l'interpretazione di esperimenti pilota eseguiti con un laser al femtosecondo.

Linea di ricerca 2-b: **Didattica della Fisica**

Una seconda linea ha affrontato lo sviluppo e la realizzazione di esperimenti innovativi nell'ambito della meccanica, che sono stati oggetto di tre tesi di Laurea in Fisica e hanno permesso la pubblicazione di due articoli su *American Journal of Physics*. È stato utilizzato un sistema di acquisizione dati, sviluppato precedentemente, che consente la misura della legge oraria di oscillatori unidimensionali applicato a sistemi con proprietà viscoelastiche o non lineari. Il primo studio, nell'ambito di una linea di ricerca sulla misura e interpretazione delle proprietà dinamiche e termodinamiche di sistemi polimerici interconnessi (gomma vulcanizzata) attraverso misure reologiche e metodi sperimentali innovativi, ha riguardato lo studio del comportamento viscoelastico di un oscillatore massa-gomma evidenziato attraverso misure in funzione della massa applicata. Il modello teorico basato su un sistema a 4 elementi ideali è stato risolto attraverso un metodo innovativo basato su un'equazione differenziale lineare a coefficienti costanti del terzo ordine che si presta ad essere introdotto negli insegnamenti del I anno. Una seconda applicazione ha riguardato le proprietà elastiche non lineari di un nastro di acciaio armonico ripiegato attraverso una descrizione variazionale del profilo nell'ambito della approssimazione adiabatica.

Pubblicazioni:

1. E. PRINCIPI, C. FERRANTE, A. FILIPPONI, F. BENCIVENGA, F. D'AMICO, C. MASCIOVECCHIO, AND A. DI CICCO, *A method for estimating the temperature in high energy density free electron laser experiments*. Nucl. Instr. Meth. A **621**, 643-649 (2010).
2. A. DI CICCO, F. D'AMICO, G. ZGRABLIC, E. PRINCIPI, R. GUNNELLA, F. BENCIVENGA, C. SVETINA, C. MASCIOVECCHIO, F. PARMIGIANI, AND A. FILIPPONI, *Probing phase transitions under extreme conditions by ultrafast techniques: Advances at the Fermi@Elettra free-electron-laser facility.*, J. Non-Cryst. Solids **357**, 2641-2647 (2011).
3. A. FILIPPONI, L. DI MICHELE, AND C. FERRANTE, *Viscoelastic behavior of a mass-rubber band oscillator.*, Am. J. Phys. **78**, 437-444 (2010).
4. A. FILIPPONI AND D. R. CAVICCHIA, *"Anharmonic dynamics of a mass O-spring oscillator."*, Am. J. Phys. **79**, 730-735 (2011).

Partecipazioni conferenze:

1. A. DI CICCO, F. BENCIVENGA, A. BATTISTONI, D. COCCO, R. CUCINI, F. D'AMICO, S. DI FONZO, A. FILIPPONI, A. GESSINI, E. GIANGRISOSTOMI, R. GUNNELLA, C. MASCIOVECCHIO, E. PRINCIPI, AND C. SVETINA, *Probing matter under extreme conditions*



DIPARTIMENTO DI FISICA

at Fermi@Elettra: the TIMEX beamline. in *Damage to VUV, EUV, and X-ray Optics III*, edited by R. A. London L. Juha, S. Bajt (The International Society for Optical Engineering, 2011), vol. 8077 of *SPIE Proceedings*, pag. 807704.

Progetti finanziati

TIMEX collaboration – accordo Camerino-Trieste - utilizzazione per missioni

3) GRUPPO DI RICERCA: SPETTROSCOPIA RAMAN E BRILLOUIN

Il gruppo di ricerca si interessa di proprietà dinamiche e strutturali dei sistemi disordinati mediante caratterizzazione sperimentale con tecniche di Spettroscopia Raman.

Partecipanti:

Nardone Michele (PO), Benassi Paola (RU)

Collaborazioni:

Università di Firenze, Prof. M. Sampoli

Università di Trento, Prof. A. Fontana

Università di Perugia, Prof. F. Sacchetti

Università di Messina, Prof. G. Carini

Università di Roma Tre, Prof. M.A. Ricci

Università di Roma Tre, Prof. F. Evangelisti e Dott. G. Capellini

Università di Roma Tre, Prof. E. Colace

Università di Roma “La Sapienza”, Prof. G. Ruocco

Attività di ricerca:

Il grosso dell'attività sperimentale è stata rivolta a ripristinare ove possibile la funzionalità del laboratorio dopo il sisma del 2009. Al giorno d'oggi è stato quasi completamente rimesso a nuovo lo spettrometro per micro-Raman mentre lo spettrometro per Brillouin nell'ultravioletto HIRESUUV non è ancora funzionante. L'attività di ricerca è stata svolta in prevalenza in collaborazione con gruppi anche di altre sedi e utilizzando dati precedentemente acquisiti nei nostri laboratori e che siamo riusciti a recuperare. In particolare, l'attività si è articolata secondo le seguenti linee di ricerca.

Linea di ricerca 3-a: Studio dei processi di attenuazione del suono in vetri.

È stata portata a termine un lavoro di confronto tra l'assorbimento del suono nel cristallo di quarzo e nel vetro corrispondente mettendo in luce il ruolo del contributo dovuto all'anarmonicità descritto dal meccanismo non risonante introdotto da Akhiezer. Il lavoro è ancora in corso.

Linea di ricerca 3-b: Processi di rilassamento nell' H₂SO₄ liquido

Il processo di rilassamento viscoso dell'H₂SO₄ al 98% di concentrazione è stato analizzato con diversi modelli che vanno dal singolo rilassamento alla Debye a un modello generalizzato che prevede una distribuzione di tempi di rilassamento caratterizzata da un unico parametro “beta”. Si è visto che quest'ultimo il modello è in grado di riprodurre meglio l'andamento in frequenza sia della velocità del suono



DIPARTIMENTO DI FISICA

che della viscosità cinematica.

Il modello fornisce un valore limite della velocità a frequenza infinita decisamente inferiore a quello ricavato dai risultati preliminari ottenuti mediante spettroscopia neutronica a frequenza molto più alta. Il modello fornisce anche per la prima volta una stima della viscosità di volume di questi sistema.

Linea di ricerca 3-c: **Spettroscopia Micro-Raman**

Lo strumento è risultato essere funzionante, anche se a potenzialità ridotta, anche dopo il sisma. In collaborazione con altri gruppi si sono studiate le proprietà meccaniche di diverse strutture di Si/Ge attraverso gli shift e gli allargamenti delle righe vibrazionale ed è stata effettuata una caratterizzazione di fiocchi di grafene su diversi substrati.

Publicazioni:

1. Y. BUSBY, M. DE SETA, G. CAPELLINI, F. EVANGELISTI, M. ORTOLANI, M. VIRGILIO, G. GROSSO, G. PIZZI, P. CALVANI, S. LUPI, M. NARDONE, G. NICOTRA AND C. SPINELLA (2010). *Near- and far-infrared absorption and electronic structure of Ge-SiGe multiple quantum wells*. PHYSICAL REVIEW. B, CONDENSED MATTER AND MATERIALS PHYSICS, ISSN: 1098-0121
2. G. CAPELLINI, M. DE SETA, Y. BUSBY, M. PEA, F. EVANGELISTI, G. NICOTRA, C. SPINELLA, M. NARDONE, C. FERRARI (2010). *Strain relaxation in high Ge content SiGe layers deposited on Si*. JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, vol. 107, ISSN: 0021-8979
3. P DE MARCO, M. NARDONE, A DEL VITTO, M ALESSANDRI, S SANTUCCI AND L OTTAVIANO (2010). *Rapid identification of graphene flakes: alumina does it better*. NANOTECHNOLOGY, vol. 21, ISSN: 0957-4484

Progetti finanziati:

MIUR - PRIN 2007 (secondo anno con scadenza prorogata al 2010) , “**Dinamica vibrazionale e rilassamenti in vetri densificati e in vetri confinati**”, titolo della ricerca “Propagazione ed attenuazione delle eccitazioni ipersoniche in vetri densificati mediante spettroscopia Brillouin nel visibile e nell’ultravioletto ” Cofinanziamento MIUR 43.600 Euro. Quota ateneo assegnata all’unità di ricerca 26.125 Euro , durata biennale.

4) GRUPPO DI RICERCA: PROPRIETA' MAGNETICHE E MAGNETO-OTTICHE DEI MATERIALI

L’attività del gruppo è dedicata allo studio delle proprietà magnetiche ed elettroniche di materiali innovativi per applicazioni elettroniche e nanoelettroniche. L’attività scientifica è articolata in tre linee principali di ricerca una sperimentale e due teoriche. Una delle due linee teoriche viene condotta da una parte della sezione CNR-SPIN, ospite del nostro dipartimento, in collaborazione con alcuni componenti del gruppo.

Partecipanti: Franco Lucari (PA), Alessandra Continenza (PA), Franco D’Orazio (RU), Gianni Profeta (ricercatore CNR), Fabio Ricci (assegnita Univ. L’Aquila), Franco Giammaria (tecnico Univ. L’Aquila), Lorella Rossi (tecnico Univ. L’Aquila), Silvia Picozzi (ricercatore CNR-SPIN), Paolo Barone (Assegnista Ricerca CNR-SPIN), Alessandro Stroppa



DIPARTIMENTO DI FISICA

(ricercatore TD CNR-SPIN), Diana Iusan (Assegnista Ricerca CNR-SPIN)

Collaborazioni:

Universita' di Camerino, . N. Pinto, R. Gunnella

TASC-INFM Trieste, A. Verna

CNR-MATIS e Università di Catania, G. Impellizzeri, F. Priolo (PO)

CNR-ISM Roma, D. Fiorani, A. M. Testa

Universita' Federico II Napoli, L. Lanotte

Università di Ferrara, F. Ronconi.

Università di Cagliari, S. Massidda

Università di Trieste, M. Peressi

University of Vienna (Austria), G. Kresse, R. Podloucky, C. Franchini

Northwestern Univ. Evanston (USA), A. J. Freeman

Freie University Berlin (GE), E.U.K. Gross

Dept of Physics, Univ. Tokyo, DE (Prof. Tokura)

IFW Dresden, DE (Prof. Jereon van den Brink)

Linea di ricerca 4-a: Studio dell proprietà magnetiche dei materiali con tecniche magneto-ottiche

L'attività di ricerca ha riguarda la produzione e caratterizzazione sperimentale di nano composti magnetici ed il confronto con la teoria.

Per questo è stato iniziato lo studio di multistrati componenti il sistema Fe-Co/Fe-Mn dove, a causa dell'accoppiamento tra lo strato antiferromagnetico e lo strato ferromagnetico, si evidenzia l'effetto di Exchange bias. La crescita del materiale avviene tramite sputtering RF magnetron e lo studio delle proprietà magnetiche al variare della temperatura per mezzo di misure Magnetoottiche.

Sul sistema Mn-Ge, in cui particelle di $MnGe_3$ sono disperse in una matrice di Ge cristallino, sono state perfezionate le misure degli spettri magnetoottici ed è stato effettuato il confronto con i risultati ottenuti utilizzando la tecnica di calcolo a principi primi.

Linea di ricerca 4-b: Studio a principi-primi delle proprietà elettroniche, strutturali e magnetiche di materiali

L'attività teorica-computazionale è basata su tecniche computazionali a principi primi tramite vari codici (FLAPW, VASP, Quantum Espresso) già disponibili ed implementandone di nuovi. L'interesse della ricerca è rivolto allo studio di materiali per la spintronica ed a materiali superconduttori. E' stato completato lo studio a principi primi sulla modulazione delle proprietà magneto-ottiche indotte da strain epitassiale in leghe FeCo. Lo studio ha mostrato come la posizione in energia della massima rotazione Kerr e della conducibilità ottica dipendano dallo splitting indotto dal campo cristallino che può essere controllato utilizzando lo strain epitassiale. Grazie a questo effetto potrà essere possibile ottimizzare la risposta magneto-ottica scegliendo il substrato ottimale su cui crescere il film di FeCo.

Sono stati inoltre studiati i nuovi superconduttori basati su FeAs. La superconduttività e l'alta temperatura critica di questi materiali è legata strettamente all'ordinamento magnetico e quindi all'interazione elettrone-elettrone ed a possibili fluttuazioni di spin che possono essere variati applicando una pressione esterna: si è pertanto iniziato lo studio dell'effetto della pressione isotropa ed anisotropa sullo stato magnetico di questi materiali.



DIPARTIMENTO DI FISICA

Linea di ricerca 4-c: **Studio teorico di materiali multiferroici e magnetoelettrici**

Si e' affrontato lo studio dei meccanismi microscopici alla base di effetti magnetoelettrici e multiferroici in diversi materiali: manganiti, ferriti, vanadati, etc. L'approccio e' stato prevalentemente basato su teoria del funzionale densita' ed ha permesso di individuare i meccanismi di interazione tra gradi di liberta' elettronici (spin, carica, orbita) e strutturali (distorsioni ottaedriche, polari e non).

Publicazioni:

1. A. CONTINENZA AND G. PROFETA: *Mn doping in model amorphous Si and Ge: a theoretical investigation* Journal of Physics: Conference Series 200, 032014 (2010)
2. F. RICCI, F. D'ORAZIO, A. CONTINENZA, F. LUCARI, M. PASSACANTANDO, G. IMPELLIZZERI, F. PRIOLO AND A.J. FREEMAN *Magneto optical spectra of Mn-Ge films* Journal of Physics: Conference Series 2010, 072079 (2010)
3. M. MONNI, F. BERNARDINI, G. PROFETA, A. SANNA, S. SHARMA, J. K. DEWHURST, C. BERSIER, A. CONTINENZA, E. K. U. GROSS, AND S. MASSIDDA *Static and dynamical susceptibility of $LaO_{1-x}F_xFeAs$* Phys. Rev. B 81, 104503 (2010)
4. P. CUDAZZO, G. PROFETA, A. SANNA, A. FLORIS, A. CONTINENZA, S. MASSIDDA, AND E. K. U. GROSS *Electron-phonon interaction and superconductivity in metallic molecular hydrogen I: Electronic and dynamical properties under pressure* Phys. Rev. B 81, 134505 (2010)
5. P. CUDAZZO, G. PROFETA, A. SANNA, A. FLORIS, A. CONTINENZA, S. MASSIDDA, AND E. K. U. GROSS *Electron-phonon interaction and superconductivity in metallic molecular hydrogen. II. Superconductivity under pressure* Phys. Rev. B 81, 134506 (2010)
6. G. PROFETA, C. FRANCHINI, KAILW GAMALATH, AND A. CONTINENZA *First-principles investigation of $BaFe_2As_2(001)$* Phys. Rev. B 82, 195407 (2010)
7. N. CATALLO, S. COLACICCHI, V. CARNICELLI, A. DI GIULIO, LUCARI F., G. GUALTIERI: *Static Magnetic Field Effect on the Fremy's Salt-Ascorbic Acid Chemical Reaction Studied by Continuous-Wave Electron Paramagnetic Resonance.* Journal of Physical Chemistry. A, Molecules, Spectroscopy, Kinetics, Environment, & General Theory, vol. 114; p. 778-783 (2010).
8. TETSUYA FUKUSHIMA, KUNIIHIKO YAMAUCHI, AND SILVIA PICOZZI *Magnetically induced ferroelectricity in Cu_2MnSnS_4 and $Cu_2MnSnSe_4$* Physical Review B 82, 014102 (2010)
9. ALESSANDRO STROPPA AND SILVIA PICOZZI *Hybrid functional study of proper and improper multiferroics* Phys. Chem. Chem. Phys 12, 5405 (2010)
10. SANJEEV KUMAR, GIANLUCA GIOVANNETTI, JEROEN VAN DEN BRINK, AND SILVIA PICOZZI *Theoretical prediction of multiferroicity in double perovskite Y_2NiMnO_6* Physical Review B 82, 134429 □2010□



DIPARTIMENTO DI FISICA

11. ALESSANDRO STROPPA, MARTIJN MARSMAN, GEORG KRESSE AND SILVIA PICOZZI *The multiferroic phase of DyFeO₃: an ab initio study* New Journal of Physics **12** 093026 (2010)
12. KUNIHICO YAMAUCHI AND SILVIA PICOZZI *Interplay between Charge Order, Ferroelectricity, and Ferroelasticity: Tungsten Bronze Structures as a Playground for Multiferroicity* Physical Review Letters **105**, 107202 (2010)
13. SACHIO HORIUCHI, YUSUKE TOKUNAGA, GIANLUCA GIOVANNETTI, SILVIA PICOZZI, HIROTAKE ITOH, RYO SHIMANO, REIJI KUMAI & YOSHINORI TOKURA, *Above-room-temperature ferroelectricity in a single-component molecular crystal* Nature **463**, 789 (2010)
14. KUNIHICO YAMAUCHI AND SILVIA PICOZZI *Magnetic anisotropy in Li-phosphates and origin of magnetoelectricity in LiNiPO₄* Physical Review B **81**, 024110 (2010)
-
15. HUA WU, ALESSANDRO STROPPA, SUNG SAKONG, SILVIA PICOZZI, MATTHIAS SCHEFFLER, AND PETER KRATZER, *Magnetism in C- or N-doped MgO and ZnO: A Density-Functional Study of Impurity Pairs* Physical Review Letters **105**, 267203 (2010)

Partecipazione a congressi:

N.Colonna, G. Profeta, A. Continenza: *Pressure effects on the structural and magnetic properties of BaFe₂As₂* SATT: Congresso nazionale di superconduttività – Alghero 13-15 settembre 2010

Progetti finanziati:

MIUR: PRIN 07 (settembre 2008-prorogato fino a aprile 2011)- Sistemi multistrato per effetti magnetoelastici, e magnetoresistivi con giunzioni ad effetto GMR tradizionale e ad effetto tunnel .

Progetto EU DECI-DEISA 7 programma quadro: SUPERMAG in collaborazione con Univ. Vienna (AU), Max-Planck Inst. Halle (DE), Univ. Cagliari (I); PI: A. Continenza - 3M ore-cpu presso le facilities del CINECA

Progetto CINECA-ISCRA C: 20K ore/cpu presso CINECA

Progetto HPC CASPUR: 20K ore/cpu presso facilities CASPUR.

Starting Grant of the European Research Council, IDEAS call 2007, called BISMUTH (Contract no. EU-FP7 203523) 2008-2012

5) GRUPPO DI RICERCA: SUPERFICI, FILM SOTTILI E NANOTECNOLOGIE

L'attività di questo gruppo di ricerca è focalizzata sullo studio di materiali su scala nanometrica per applicazioni che spaziano dalla nanoelettronica al fotovoltaico alle applicazioni biomedicali e si articola in quattro principali linee di ricerca dedicate allo studio di materiali per diverse applicazioni.

Partecipanti:

Maurizio Passacantando (RU), Luca Lozzi (RU), S. Santucci. (PO), L. Ottaviano (RU), V. Grossi (assegno di ricerca), F. Ruggieri (assegnista Univ. L'Aquila), D. Di Camillo (assegnista Univ. L'Aquila), L. D'Ortenzi



DIPARTIMENTO DI FISICA

(dottorando Univ. L'Aquila), Stefano Prezioso (assegnista Univ. L'Aquila), Patrizia De Marco (assegnista, Univ. L'Aquila), Federico Bisti (dottorando Univ. L'Aquila)

Collaborazioni:

Dipartimento di Fisica ER Caianiello, Università di Salerno.

Dipartimento di Scienze Fisiche, Università di Napoli Federico II.

Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Catania

Dipartimento di Fisica, Università di Camerino

Dipartimento di Fisica, Università di Bari

Università di Tel Aviv (IL)

Università di Parigi VI (F)

Università del Surrey (GB)

DHI (DK)

ENI Ricerche (Novara)

Università degli studi dell'Aquila, Prof. C. Cantalini (ingegneria chimica e materiali)

Università degli studi dell'Aquila, Prof. A. Poma (Dip. Biologia di base e applicata)

Parco scientifico e tecnologico, Barcellona (Spagna)

CNR-Istituto ISOF

National Physics Laboratory, Londra, Dr. O. Kazakova

Politechnika Slaska Gliwice PL, Prof. J. Szuber

Attività di ricerca:

Linea di ricerca 5-a: **Proprietà elettroniche e strutturali di nanotubi di Carbonio e nanofili di Germanio.**

Il gruppo di ricerca ha proseguito l'attività di ricerca sulla ormai consolidata linea inerente la crescita e caratterizzazione di nanotubi di carbonio unitamente alla crescita di strutture unifilari di dimensioni nanometriche utilizzate nel campo della sensoristica.

Queste attività hanno permesso di instaurare diverse collaborazioni utili anche ai fini della stesura di progetti, per il recupero di fondi, in differenti campi di applicazione.

Linea di ricerca 5-b: **Film e nanofibre di ossidi di titanio drogati con azoto con applicazioni fotocatalitiche**

E' stata avviata un'attività di ricerca sulla realizzazione di film nanostrutturati composti da ossido di titanio drogato con azoto per la realizzazione di sistemi fotocatalitici. E' noto che l'ossido di titanio ha notevoli proprietà fotocatalitiche, in particolare per la degradazione di composti organici e per l'eliminazione di batteri e virus. Queste proprietà sono attivate quando fotoni UV, incidendo su film di TiO₂, determinano la creazione di coppie elettrone-lacuna. E' stato mostrato come drogando film o particelle di TiO₂ con diversi atomi, quali l'azoto, la fotocatalisi si osserva illuminando il film con luce visibile, a causa della presenza di livelli di drogaggio nella gap. In questo progetto, finanziato dalla EU, verranno realizzati film continui, preparati mediante sol-gel, e nanostrutturati, composti da nanofibre depositate mediante elettrospinning e near-field elettrospinning, composti da TiO₂ drogato con azoto per applicazioni nella purificazione dell'acqua.



DIPARTIMENTO DI FISICA

Linea di ricerca 5-c: **Interfacce tra nanotubi di carbonio e film organici per applicazioni fotovoltaiche**

E' iniziata un'attività di ricerca sulla realizzazione di film di nanotubi di carbonio a multiparete (MWNT) per la realizzazione di contatti trasparenti in applicazioni fotovoltaiche. I nanotubi sono stati cresciuti mediante CVD su silicio e successivamente trasferiti con tecniche meccaniche su supporti plastici (PET), sui quali successivamente, sono state realizzate celle solari basate su polimeri. Inoltre è iniziato lo studio, mediante spettroscopia elettronica di fotoemissione X e UV dell'interfaccia tra questi nanotubi e composti organici (CuPc e C60) utilizzati nelle celle organiche rispettivamente come donori ed accettori di elettroni.

Linea di ricerca 5-d: **Fisica dei sistemi a bassa dimensionalità**

L'attività si è mossa su diversi fronti di ricerca aperti, nel campo della Fisica dei sistemi bassodimensionali, superfici, grafene, e sistemi di interesse per l'elettronica molecolare, l'optoelettronica, e la spintronica.

Nell'ambito di una consolidata attività di studio delle proprietà fisiche di leghe manganese germanio, si è studiata mediante spettroscopia EXAFS la coordinazione locale di atomi di manganese impiantati in Germanio (d.2). Nello stesso ambito si sono studiate le proprietà fisiche di nanofili di germanio.

Nell'ambito di una nascente attività sulle proprietà di materiali bidimensionali (grafene e grafene ossido) si è studiato il contrasto ottico di grafene esfoliato meccanicamente su substrati di ossidi di silicio e alumina (d.3).

In collaborazione con il gruppo del prof. Szuber si sono caratterizzati film ultrasottili di ossido di stagno di interesse per la sensoristica di gas.

Pubblicazioni:

1. M. AMBROSIO, C. ARAMO, V. CARILLO, A. AMBROSIO, F. GUARINO, P. MADDALENA, V. GROSSI, M. PASSACANTANDO, S. SANTUCCI AND A. VALENTINI. *A novel photodetector made of silicon and carbon nanotubes*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 617, 378 (2010).
2. F. RICCI, F. D'ORAZIO, A. CONTINENZA, F. LUCARI, M. PASSACANTANDO, G. IMPELLIZZERI, F. PRIOLO AND A. J. FREEMAN. *Magneto-optical spectra of Mn-Ge films*. Journal of Physics: Conference Series 200, 072079 (2010).
3. R. GUNNELLA, L. MORRESI, N. PINTO, M. ABBAS, A. DI CICCO, L. OTTAVIANO, M. PASSACANTANDO, A. VERNA, G. IMPELLIZZERI, A. IRRERA AND F. D'ACAPITO. *Localization of the dopant in Ge:Mn diluted magnetic semiconductors by x-ray absorption at the Mn K edge*. Journal of Physics: Condensed Matter 22, 216006 (2010).
4. M. PASSACANTANDO, F. BUSSOLOTI, AND S. SANTUCCI. *Tuning electromechanical response of individual CNT by selective electron beam induced deposition*. Journal of Non-Crystalline Solids 356, 2038(2010).
5. V. GROSSI, L. OTTAVIANO, S. SANTUCCI, M. PASSACANTANDO. *XPS and SEM studies of oxide reduction of germanium nanowires*. Journal of Non-Crystalline Solids 356, 1988 (2010).
6. P. PARISSÉ, F. BUSSOLOTI, M. PASSACANTANDO, L. OTTAVIANO. *3D island growth of 6,13 Pentacenequinone on silicon oxide and gold*. Journal of Non-Crystalline Solids 356, 2079 (2010).
7. L. OTTAVIANO, P. PARISSÉ, V. GROSSI, M. PASSACANTANDO. *Nanowire directed diffusion limited aggregation growth of nanoparticles*. Journal of Non-Crystalline Solids 356, 2076 (2010).



DIPARTIMENTO DI FISICA

8. A. DI GIUSEPPE, M. CRUCIANELLI, M. PASSACANTANDO, S. NISI AND R. SALADINO. *Chitin- and chitosan-anchored methyltrioxorhenium: An innovative approach for selective heterogeneous catalytic epoxidations of olefins*. Journal of Catalysis 276, 412 (2010).
9. S. PREZIOSO, P. DE MARCO, P. ZUPPELLA, S. SANTUCCI, AND L. OTTAVIANO *A study of the mechanical vibrations of a table-top extreme ultraviolet interference nanolithography tool*", Rev. Sci. Instr. 81, 045110 (2010).
10. P DE MARCO, M NARDONE, A DEL VITTO, M ALESSANDRI, S SANTUCCI, L OTTAVIANO *Rapid identification of graphene flakes: Alumina does it better*. Nanotechnology 21, 255703 (2010).
11. M. KWOKA, L. OTTAVIANO, N. WACZYNSKA, S. SANTUCCI, J. SZUBER *Influence of Si substrate preparation on surface chemistry and morphology of L-CVD SnO₂ thin films studied by XPS and AFM* Appl. Surf. Sci. 256, 5771 (2010).

Partecipazioni a congressi:

1. L. LOZZI, S. SANTUCCI *Interface Properties between Organic Blend Films and Metallic Substrates for Solar Cell Applications*. AVS 2010, Albuquerque (USA) 17-21 October 2010 (oral presentation)
2. L. LOZZI, M. RINALDI, D. DI CAMILLO AND S. SANTUCCI *Well aligned metal oxide nanofibers grown by near field electrospinning* SIF Conference, Bologna (Italy) 20-24 September 2010 (oral presentation)
3. L. LOZZI, F. BISTI, S. SANTUCCI *Photoemission Investigation of the Interaction between Carbon Nanotubes and Solar Cell Dyes* European Energy Conference, Barcelona (Spain) 19-23 April 2010 (poster)
4. Carbomat Catania novembre 2010 P. De Marco Presentazione Orale
5. Dublino, Nov 2010, Workshop VUV L. Ottaviano pres Orale
6. E-MRS Spring Meeting (Strasburgo FR) P. De Marco Poste
7. ENEA Portici NA, L. Ottaviano Workshop su Graphene
8. ISOF CNR Bologna Maggio 2010, Funmarch, L. Ottaviano presentazione Orale.
9. Nano2010 Roma settembre 2010 (4 contributi): Luca Ottaviano Oral, S. Prezioso Oral, P. Demarco Oral, M. Donarelli oral.
10. Luglio 2010 Aix En Provence, S. Prezioso Oral.

Progetti finanziati:

2009 - 2010 Progetto SinPhoNIA: finanziato dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN). Responsabile del progetto: Prof. Sandro Santucci

2006 – 2010: Progetto dell' European Community, Nanosci- ERA; Acronym: S-Five,,: Sort Single Single-wall-nanotubes of Specific Sizes. Responsabile del Progetto: Prof. Sandro Santucci

2010-2013 Progetto NATIOMEM: **Nano-structured TiON Photo-Catalytic Membranes for Water Treatment**, finanziato dalla EU, FP7-NMP-2009-SMALL-3, € 296.400. Responsabile del progetto: Dott. L. Lozzi

XILOPHON-INFN Luca Ottaviano Resp. Nazionale (budget 2010 40 kEuro)
Progetto in collaborazione con dr. Andrea Reale Dip. di Ingegneria Tor Vergata

Condensed Matter Physics



DIPARTIMENTO DI FISICA

The researchers involved in this field carry out scientific activity in several different branches ranging from theory to experiments and with interests in applied as well as in more fundamental issues. The various activities could be summarized in different areas collecting researchers into 5 groups; however, many are the collaborations among researchers from different groups.

The 5 groups are active in the following main scientific areas:

12. Statistical mechanics
13. Condensed Matter Physics in extreme conditions
14. Raman and Brillouin spectroscopies
15. Magnetic and magneto-optical properties of materials
16. Electronic and structural properties of nanomaterials

1) STATISTICAL MECHANICS research group

The group active in Statistical mechanics performs researches within dynamical mean field theory, Monte Carlo methods to study electron-electron and electron-lattice interactions, and ab-initio methods; the group has also experimental interests as it works in the study of water nanoconfinement in various materials by NMR spectroscopy.

Participants:

Cinzia Casieri (RU), Sergio Ciuchi (PA), Patrizia Monachesi (PA), Carlo Pierleoni (PA), Giuseppe D'Adamo (PhD student UNIVAQ)

Collaborations:

S. Fratini Institut Neël CNRS Grenoble, Francia
E. Cappeluti Istituto dei Sistemi Complessi CNR Roma, Italia
V. Cataudella Università di Napoli "Federico II"
G. De Filippis Università di Napoli "Federico II"
M. Piacentini, Facoltà ingegneria Univ. Di Roma "La Sapienza", Italia
F. De Luca, Dipart. di Fisica Univ. Roma "La Sapienza", Italia
C. Terenzi, Dipart. di Fisica Univ. Roma "La Sapienza", Italia
M. Brai, Dipart. di Fisica Univ. Palermo, Italia
D. M. Ceperley, Physics Dept. University of Illinois at Urbana-Champaign, USA.
E. Liberatore, Dipartimento di Fisica, Università La Sapienza, Roma, Italia.
E. Schwegler, Lawrence Livermore Nat. Lab., Livermore, California, USA.
M.A. Morales, Lawrence Livermore Nat. Lab., Livermore, California, USA.
J.P. Hansen, Chemistry Dept., University of Cambridge, UK.
M. Holzmann, CNRS Grenoble, Francia.
L. Delle Site, MPI für Polymerforschung, Mainz, Germania.
G. Ciccotti, Dipartimento di Fisica, Università "La Sapienza", Roma, Italia.
S. Bonella, Dipartimento di Fisica, Università "La Sapienza", Roma, Italia.
O. Eriksson, Uppsala University, Svezia
F. Della Sala, NNL, Lecce, Italia
M.G. Betti, Dipartimento di Fisica, Università La Sapienza, Roma, Italia
C. Mariani, , Dipartimento di Fisica Università La Sapienza, Roma, Italia



DIPARTIMENTO DI FISICA

T.P. Gasche, Military Academy, Lisboa, Portugal

M.M. Cruz, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

T.Björkman, Aalto School of Science, Helsinki, Finland



DIPARTIMENTO DI FISICA

PHYSICS OF MATTER – Research activity

Research activity 1-a: **Electron-lattice interaction study**

We study non-perturbative effects of electron lattice interaction in solids, in the presence of strong correlations. We apply the result of the theory to two cases: i) High T_c superconductors, ii) organic single crystal semiconductors. i) In collaboration with E. Cappelluti (CNR SMC, Roma) and S. Fratini (Institut Neel, Grenoble) we have applied the DMFT techniques to the study of both spectral and optical properties of a single hole in the antiferromagnetic background. Within this theory we have been able to explain the temperature and doping dependence of the optical conductivity high T_c n-doped cuprate $NdCeCuO$ in terms of magnetic/lattice polaron formation [I.2].

12. In collaboration with researchers from the University of Naples (PRIN 2007 Project) we studied models of interfaces between organic semiconductors and high-k gate dielectrics [I.1]. We found a synergic effect between charge-carrier coupling with intermolecular vibrations in the bulk of the organic material and the long-range interaction induced at the interface with a polar dielectric. This effect could stabilize a polaronic state at the interface if the polarizability of the gate is sufficiently high to provide a mechanism which ultimately leads to a mobility decrease.

Research activity 1-b: **Hydrogen and Hydrogen-helium mixtures at high pressure**

In the last years we developed the Coupled Electron-Ion Monte Carlo method (CEIMC) suitable to study hydrogen (and the mixture) near the metal-insulator transition region. In 2009 we have performed a systematic comparison of CEIMC and ab-initio methods based on the Density Functional Theory (DFT) formulation of the electronic problem. We have found that DFT accurately describes the electronic state of hydrogen at high pressure except around the metallization region [b.1]. Furthermore, we have obtained the first quantitative prediction of the existence of a first order transition line between molecular-insulating and monoatomic-metallic hydrogen at high pressure and in the fluid phase [b.2]. This line meets the melting line at low temperature ($T \sim 500K$, $P \sim 300GPa$) and terminates in a critical point at higher temperature ($T_c \sim 2000K$, $P_c \sim 140GPa$).

Research activity 1-c: **Ab-initio study of nanostructured materials**

'Ab initio' calculations (in LSDA-DFT through the FP-LMTO method implemented into the RSPt code (<http://www.rspt.net/> www.rspt.net)) were performed to study the structural, electronic, optical and magnetic properties of hybrid nanostructures: adsorbed organic molecules on metals and a new research on N-implanted conducting ferromagnets of Fe, Co and Ni with high mechanical resistance, employed in magnetic and magnetoresistive devices, mostly as films/nanoparticles. The theoretical research is part of a larger project with partners Institutions: L'Aquila, Lisbona (Gasche), Uppsala (Eriksson), Helsinki (Bjorkman) to support and validate an experimental study carried out at the Lisboa University (Cruz & al, FCT-Portugal - project PTDC/FIS/102270/2008 "Nanostructured magnetic nitrides") whose novel idea is a "targeted" N-implantation architected to establish a relationship between the direction of ion implantation in the matrix and the sought for magnetic anisotropy properties.

Research activity 1-d: **Coarse-grained models for polymers**

We continued the collaboration with the Chemistry Dept. Of the University of Cambridge (UK) on the development of coarse-grained models for solutions of polymers and diblock co-polymers (A-B). In particular we applied a new technique to compute the free energy of crystals of micelles with the aim to



DIPARTIMENTO DI FISICA

determine the relative stability of several crystalline structures [d.1]. T

Research activity 1-e: **NMR spectroscopy**

The experimental work is based on nuclear magnetic resonance spectroscopy in low and high resolution. The research is essentially focussed on the study of hydration phenomena of different kind of materials: from biological macromolecules, polymeric membrane used in fuel cell [e.1], to multi-scale porous material, such as wood [e.2] and ceramics [e.3,e.4], pertinent to conservation and restoration of Cultural Heritage.

Research activity 1-f: **Time correlation functions**

We have studied the structure of symmetrized time correlation functions (TCF) for a generic quantum-statistical system in terms of Feynman path integral in complex time. Expressing the function in terms of sum and difference path variables, we have derived the semiclassical approximation at first order in the difference variables and shown that the path integral form reduces to the dynamics of the classical system associated. In the second order of the expansion quantum mechanical delocalization manifests itself in the approximation of the correlation function and hinders, even in the semiclassical limit, the interpretation of the propagators in terms of sets of guiding classical trajectories dressed with appropriate weights [f.1].

Exploiting the time composition property of the propagators in complex time we have developed a numerical scheme to compute TCF, in terms of a sequence of short time classical propagations interspersed with path integrals that, combined, represent the thermal density of the system. The approximation amounts to linearization of the real time propagators and it becomes exact with increasing number of propagation legs. Within this scheme, the correlation function is interpreted as an expectation value over a probability density defined on the thermal and real path space and calculated by a Monte Carlo algorithm. The performance of the algorithm is tested on a set of benchmark 1-dimensional problems. Scaling of the algorithm with dimensionality has also been examined [f.2].

Publication list:

- [a.1] G. DE FILIPPIS, V. CATAUDELLA, S. FRATINI, S. CIUCHI (2010). *On the interface polaron formation in organic field-effect transistors*. PHYSICAL REVIEW. B, CONDENSED MATTER AND MATERIALS PHYSICS, vol. 82, ISSN: 1098-0121, doi: 10.1103/PhysRevB.82.205306
- [a.2] S. CIUCHI, E. CAPPELLUTI AND S. FRATINI (2010). *Optical conductivity of spin/lattice polarons in underdoped copper oxides*. JOURNAL OF ELECTRON SPECTROSCOPY AND RELATED PHENOMENA, vol. 28-30, ISSN: 0368-2048, doi: 10.1016/j.elspec.2010.05.023
- [b.1] M.A. MORALES, PIERLEONI C, D.M. CEPERLEY (2010). *Equation of state of metallic hydrogen from Coupled Electron-Ion Monte Carlo simulations*. PHYSICAL REVIEW E, STATISTICAL, NONLINEAR, AND SOFT MATTER PHYSICS, vol. 81, p. 021202-1-021202-9, ISSN: 1539-3755, doi: 10.1103/PhysRevE.81.021202
- [b.2] M.A.MORALES, PIERLEONI C, E. SCHWEGLER AND D.M. CEPERLEY (2010). *Evidence for a first-order liquid-liquid transition in high-pressure hydrogen from ab-initio simulations*. PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA, vol. 108, p. 12799-12803, ISSN: 0027-8424
- [d.1] G. D'ADAMO, PIERLEONI C (2010). *Free energies of crystals of diblock copolymers micelles in*



DIPARTIMENTO DI FISICA

- solutions*. THE JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS, vol. 133, ISSN: 0021-9606, doi: 10.1063/1.3509391
- [e.1] CASIERI C, MONACO A, DE LUCA F. (2010). *Evidence of Temperature-Induced Subdiffusion of Water on the Micrometer Scale in a Nafion Membrane*. *Macromolecules*. Vol. 43, 638-642.
- [e.2] SENNI L, CAPONERO M, CASIERI C, FELLI F, DE LUCA F. (2010). *Moisture content and strain relation in wood by Bragg grating sensor and unilateral NMR*. *Wood science and technology*. vol.44, 165-175 ISSN: 0043-7719.
- [e.3] TERENCEZ C, CASIERI C, FELICI AC, PIACENTINI M, VENDITTELLI M, DE LUCA F. (2010). *Characterization of elemental and firing-dependent properties of Phlegrean ceramics by non-destructive ED-XRF and NMR techniques*. *Journal of Archaeological Science*. vol. 37, 1403-1412 ISSN: 0043-7719.
- [e.4] CASIERI C, DE LUCA F, NODARI L, RUSSO U, TERENCEZ C. (2010). *Detection of magnetic environments in porous media by low-field 2D NMR relaxometry*. *Chemical Physics Letters*. vol. 496, 223-226 ISSN: 0009-2614.
- [f.1] S. BONELLA, M. MONTEFERRANTE, PIERLEONI C, CICCOTTI G (2010). *Path Integral based calculations of symmetrized time correlation functions I*. THE JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS, vol. 133, ISSN: 0021-9606, doi: 10.1063/1.3493448
- [f.2] BONELLA S, MONTEFERRANTE M, PIERLEONI C, CICCOTTI G (2010). *Path Integral based calculations of symmetrized time correlation functions II*. THE JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS, vol. 133, ISSN: 0021-9606, doi: 10.1063/1.3493449

Meetings and presentations:

11. S. Ciuchi - *Carrier dynamics in organic molecular semiconductors*, oral presentation - LEES 2010, Geneve, 5-10 July 2010,
12. S. Ciuchi - chairman "Organics and Heterostructures" session - 1st International Workshop: The New Generation in Strongly Correlated Electron Systems, Lanzarote, 20-26 June 2010.
13. S. Ciuchi - *Transport and optics in organic single crystal FETs* - Emerging Trends in Advanced Correlated Materials, Capri, 5-8 October 2010, "" oral presentation
14. C. Pierleoni - *Coarse-grained model for diblock copolymers in solutions*, (invited) "International Conference on Multiscale Molecular Modelling: Molecular Dynamics, Computational Statistical Mechanics, and Simulation Algorithms", Edinburgh, UK giugno 2010.
15. C. Pierleoni *The coupled electron-ion method and its application to the metal-insulating transition in fluid hydrogen at high pressure* (invited) - "New Approaches in Many-Electron Theory", Mainz, Germany, settembre 2010.
16. P. Monachesi - *Properties of layered materials in "ab initio calculations"* : reliability of RSPt, International Workshop on Full Potential Linear Muffin Tin Orbital, October 4-8, 2010, University of Uppsala, (Sweden), invited
17. P. Monachesi - *Metallic Surfaces as Optical Probes for Absorption of Organic Molecules*, Encontro Nacional de Fisica da Materia Condensada, Instituto Tecnico Superior, February 18-19, 2010 Lisboa (Portugal) (oral)
18. P. Monachesi, *Absorption properties of pyrrole/Al(100)*, Società Italiana di Fisica, September 20, 2010 Bologna (Italy) (oral).



DIPARTIMENTO DI FISICA

Financial support:

COFIN 2007: “Effetti di forte correlazione elettronica in materiali non convenzionali e/o in condizioni fisiche estreme: modelli e metodi.” Local P.I. le C. Pierleoni, National P.I. L. Pietronero (financial support up to the end of 2010)

Support from MIUR: 48.102 Euro

UNIVAQ quota: 39.271 Euro

Total 87.373 Euro

LLP -ERASMUS project :Individual Work Programme for Staff Training Mobility , February-March 2010, Universidade de Lisboa, Portugal (PL02 Erasmus code)

Computational facilities grants:

2009-2010: CASPUR Competitive HPC Grant 2009 sul progetto “Coupled Electron-Ion Monte Carlo Study of High Pressure Hydrogen. Allocazione di 1M ore di CPU.

2009-2010: DEISA Extreme Computing Initiative (DECI-5) grant di 600K ore di CPU sul progetto HiPHyQMC, nell’ambito del 7 programma quadro della EU.

ISCRA-Cineca Project “NIMFE” C-grant HP10CL3GW1 2010

4) CONDENSED MATTER PHYSICS IN EXTREME CONDITIONS research group

The main activity of the group is dedicated to the study of the properties of condensed matter under extreme conditions (mainly, high pressure and high density) and to the design and realization of demonstration experiments for physics educational projects.

Participants: Adriano Filipponi (PA), Umberto Buontempo (PO)

Collaborations:

Università di Camerino, prof. A. Di Cicco

Università La Sapienza, Roma, prof. P. D'Angelo

Research activity 2-a: Study of condensed matter physics in extreme conditions

The research activity was mainly performed within the TIMEX project HYPERLINK

["http://gnxas.unicam.it/TIMEX/"](http://gnxas.unicam.it/TIMEX/)["http://gnxas.unicam.it/TIMEX/](http://gnxas.unicam.it/TIMEX/) focused on the implementation of an experimental end station to investigate warm dense matter at the HYPERLINK

["mailto:FERMI@Elettra"](mailto:FERMI@Elettra)FERMI@Elettra (Free Electron Laser) Facility in Trieste in collaboration with a research group from the Università di Camerino. The L'Aquila group contributed to some experimental

activities (vacuum chamber, commissioning beam time) and to the implementation of a pyrometric diagnostic technique to obtain information on the initial temperature profile and energy deposited by the pump beam exploiting the properties of the heat diffusion equation and measuring the slow (.01-10 ms)

temperature evolution at a suitable distance from the excitation point. The work involved the development of



DIPARTIMENTO DI FISICA

a $d=2$ finite element simulation program of the time evolution of the temperature profile which accounts for heat conduction and radiation losses and for the temperature dependence of the model parameters. The analysis of the experimental data resulting in the deposited pump energy profile is performed using a Bayesian approach. This activity involved a Thesis project (Laurea Magistrale in Fisica) and led to scientific publications. Current activity proceeds with the execution and interpretation of test experiments using a femtosecond laser beam.

Research activity 2-b: **Physics education**

The work devoted to Physics Education involved the development of novel experiments for the mechanics laboratory. This activity has been the subject of three students projects (Laurea in Fisica) and resulted in two papers published in the American Journal of Physics. A previously developed acquisition system capable to record position time data of one-dimensional mechanical oscillators was applied to viscoelastic or non-linear elastic elements. The first study, in the framework of a research project on the dynamic and thermodynamic properties of cross-linked polymers (vulcanized rubber) through rheological measurements and novel experimental methods, dealt with the viscoelastic behaviour of a mass-rubber band oscillator revealed through measurements as a function of the applied mass. The theoretical model, based on an ideal 4 element system, was solved using a previously unexploited method based on the solution of a third order linear differential equation that is suitable for 1st year undergraduate courses. A second application regarded the non-linear elastic properties of a folded harmonic steel ribbon calculated in the framework of a variational approach for the profile within the adiabatic approximation.

Publication list:

- 3) E. PRINCIPI, C. FERRANTE, A. FILIPPONI, F. BENCIVENGA, F. D'AMICO, C. MASCIOVECCHIO, AND A. DI CICCO, *A method for estimating the temperature in high energy density free electron laser experiments*. Nucl. Instr. Meth. A **621**, 643-649 (2010).
- 4) A. DI CICCO, F. D'AMICO, G. ZGRABLIC, E. PRINCIPI, R. GUNNELLA, F. BENCIVENGA, C. SVETINA, C. MASCIOVECCHIO, F. PARMIGIANI, AND A. FILIPPONI, *Probing phase transitions under extreme conditions by ultrafast techniques: Advances at the Fermi@Elettra free-electron-laser facility.*, J. Non-Cryst. Solids **357**, 2641-2647 (2011).
- 5) A. FILIPPONI, L. DI MICHELE, AND C. FERRANTE, *Viscoelastic behavior of a mass-rubber band oscillator.*, Am. J. Phys. **78**, 437-444 (2010).
- 6) A. FILIPPONI AND D. R. CAVICCHIA, *"Anharmonic dynamics of a mass O-spring oscillator."*, Am. J. Phys. **79**, 730-735 (2011).

Meetings and presentations:

4. A. DI CICCO, F. BENCIVENGA, A. BATTISTONI, D. COCCO, R. CUCINI, F. D'AMICO, S. DI FONZO, A. FILIPPONI, A. GESSINI, E. GIANGRISOSTOMI, R. GUNNELLA, C. MASCIOVECCHIO, E. PRINCIPI, AND C. SVETINA, *Probing matter under extreme conditions at Fermi@Elettra: the TIMEX beamline*. in *Damage to VUV, EUV, and X-ray Optics III*, edited by R. A. London L. Juha, S. Bajt (The International Society for Optical Engineering, 2011), vol. 8077 of *SPIE Proceedings*, pag. 807704.

Financial support:

TIMEX collaboration – agreement with Camerino-Trieste – financial support for travel expenses.



DIPARTIMENTO DI FISICA

9. RAMAN E BRILLOUIN SPECTROSCOPY research group

The research activity of the group is dedicated to the study of disorderd systems by means of experimental techniques, mainly Raman and Brillouin spectroscopies.

The experimental activity has been mainly devoted to the reconstruction of the laboratory facilities after the 2009 quake. As today, the micro-Raman spectrometer is fully working while the ultraviolet Brillouin spectrometer HIRESUUV is still to be repaired. The research activity has been performed mainly in collaboration with other groups and using data which had been collected before the quake and which have been recovered.

Partecipants:

Nardone Michele (PO), Benassi Paola (RU)

Collaborations:

Universita' di Firenze, Prof. M. Sampoli

Universita' di Trento, Prof. A. Fontana

Universita' di Perugia, Prof. F. Sacchetti

Universita' di Messina, Prof. G. Carini

Universita' di Roma Tre, Prof. M.A. Ricci

Universita' di Roma Tre, Prof. F. Evangelisti e Dott. G. Capellini

Universita' di Roma Tre, Prof. E. Colace

Universita' di Roma "La Sapienza", Prof. G. Ruocco

Research activity 3-a: **Anharmonic processes and Study of sound attenuation in glasses**

We have performed a comparison between sound absorption in quartz glass and in the corresponding crystal pointing out the anharmonic origin of the Akiezer type to the attenuation. Work is still in progress in this field.

Research activity 3-a: **Dynamical structure factor of liquid H₂SO₄**

Relaxation processes observed using visible and ultraviolet Brillouin scattering from liquid 98% H₂SO₄ have been fitted to a relaxation model which uses a distribution of relaxation times governed by a single parameter beta. The values of such parameter appear however to be different if the frequency dependence of the apparent velocity or of the kinematic viscosity is fitted. In any case the limiting high frequency velocity is not in agreement with values obtained from preliminary measurements obtained at much higher frequencies by inelastic neutron spectroscopy

Research activity 3-a: **Micro.Raman Spectroscopy**

This instrument has been partially working also after the quake. In collaboration with other groups we have investigated the mechanical properties of several Si/Ge structures analyzing the peak position and linewidth of the vibrational Raman lines. We have also performed an optical and spectroscopic characterization of grapheme flakes on different substrates.

Publication list:

5. Y. BUSBY, M. DE SETA, G. CAPELLINI, F. EVANGELISTI, M. ORTOLANI, M. VIRGILIO, G.



DIPARTIMENTO DI FISICA

GROSSO, G. PIZZI, P. CALVANI, S. LUPI, M. NARDONE, G. NICOTRA AND C. SPINELLA (2010). *Near- and far-infrared absorption and electronic structure of Ge-SiGe multiple quantum wells*. PHYSICAL REVIEW. B, CONDENSED MATTER AND MATERIALS PHYSICS, ISSN: 1098-0121

6. G. CAPELLINI, M. DE SETA, Y. BUSBY, M. PEA, F. EVANGELISTI, G. NICOTRA, C. SPINELLA, M. NARDONE, C. FERRARI (2010). *Strain relaxation in high Ge content SiGe layers deposited on Si*. JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, vol. 107, ISSN: 0021-8979
7. P DE MARCO, M. NARDONE, A DEL VITTO, M ALESSANDRI, S SANTUCCI AND L OTTAVIANO (2010). *Rapid identification of graphene flakes: alumina does it better*. NANOTECHNOLOGY, vol. 21, ISSN: 0957-4484

Financial support:

MIUR - PRIN 2007 (financial support up to the end of 2010) , “**Dinamica vibrazionale e rilassamenti in vetri densificati e in vetri confinati**”, titolo della ricerca “Propagazione ed attenuazione delle eccitazioni ipersoniche in vetri densificati mediante spettroscopia Brillouin nel visibile e nell’ultravioletto ” Support from MIUR: 43.600 Euro. UNIVAQ support 26.125 Euros

4) MAGNETIC AND MAGNETOOPTICAL PROPERTIES OF MATERIALS research group

The activities of the research group is devoted to the study of the magnetic and electronic properties of innovative materials for applications in electronics and microelectronics. The research activities are divided into three main lines: one in experimental physics focussed on magnetic measurements and the others dedicated to theory. One of the latter is pursued by a group in the CNR-SPIN research unit.

Partecipants: Franco Lucari (PA), Alessandra Continenza (PA), Franco D’Orazio (RU), Gianni Profeta (researcher at CNR-SPIN), Fabio Ricci (post-doc Univ. L’Aquila), Franco Giammaria (technical staff Univ. L’Aquila), Lorella Rossi (technical staff Univ. L’Aquila).
Silvia Picozzi (researcher CNR-SPIN), Paolo Barone (pot-doc CNR-SPIN), Alessandro Stroppa (researcher TD CNR-SPIN), Diana Iusan (post-doc CNR-SPIN)

Collaborations:

Universita' di Camerino, . N. Pinto, R. Gunnella
TASC-INFM Trieste, A. Verna
CNR-MATIS e Università di Catania, G. Impellizzeri, F. Priolo (PO)
CNR-ISM Roma, D. Fiorani, A. M. Testa
Universita' Federico II Napoli, L. Lanotte
Università di Ferrara, F. Ronconi.
Università di Cagliari, S. Massidda
Università di Trieste, M. Peressi
University of Vienna (Austria), G. Kresse, R. Podloucky, C. Franchini
Northwestern Univ. Evanston (USA), A. J. Freeman
Freie University Berlin (GE), E.U.K. Gross
Dept of Physics, Univ. Tokyo, DE (Prof. Tokura)



DIPARTIMENTO DI FISICA

IFW Dresden, DE (Prof. Jereon van den Brink)

Research activity 4-a: **Magnetic and magneto-optical properties of materials**

The research activity is dedicated to the production and characterization of nano-composite magnetic materials, to the measurements of their magnetic properties and the comparison with theoretical prediction. To this end we started the study of the Fe-Co/Fe-Mn system with a coupling between antiferromagnetic and the ferromagnetic layer leading to an exchange-bias effect. The material was grown by means of RF magnetron sputtering, while the study of the magnetic properties as a function of temperature was performed using magneto-optical measurements. We studied the Mn-Ge system with Mn₅Ge₃ particles dispersed in bulk crystalline Ge; we concluded measurements of the magneto-optical properties and compared with theoretical predictions obtained by first-principles calculations.

Research activity 4-b: **First-principles study of the electronic, structural and magnetic properties of materials**

The theoretical-computational activity is based on first-principles methods well established (FLAPW, VASP, Quantum Espresso) and on the implementation of novel techniques. These techniques have been applied to material for spintronic applications and superconductors. We completed the first-principles study of the modulation of the Kerr-rotation induced by epitaxial strain in FeCo alloys. The study shows that the energy of the Kerr-rotation maximum and of the optical conductivity depends on the crystal field splitting induced by epitaxial strain. This effect could be exploited for technological applications as the magneto-optical response could be optimized choosing the optimal substrate to growth the FeCo film. We also studied the new FeAs-based superconductors. Superconductivity and the relatively high critical temperatures in these materials are strictly related to the magnetic order and, therefore to the electron-electron interaction and to possible spin-fluctuations which are greatly affected by external pressure. We therefore started a first-principles study of the effects of isotropic and anisotropic pressure on the magnetic state of these materials.

Linea di ricerca 4-b: **Theoretical study of multiferroic and magnetoelectric materials**

We dealt with the study of microscopic mechanisms at the origin of magnetoelectric and multiferroic effects in different materials: manganites, iron-based oxides, vanadates, etc.. The approach was mainly based on density functional theory and allowed to identify the mechanisms of interaction between electronic degrees of freedom (spin, charge, orbital) and structural degrees of freedom (octahedral distortions, centrosymmetric and non-polar displacements).

Publication list:

2. A. CONTINENZA AND G. PROFETA: *Mn doping in model amorphous Si and Ge: a theoretical investigation* Journal of Physics: Conference Series 200, 032014 (2010)
3. F. RICCI, F. D'ORAZIO, A. CONTINENZA, F. LUCARI, M. PASSACANTANDO, G. IMPELLIZZERI, F. PRIOLO AND A.J. FREEMAN *Magneto optical spectra of Mn-Ge films* Journal of Physics: Conference Series 2010, 072079 (2010)



DIPARTIMENTO DI FISICA

4. M. MONNI, F. BERNARDINI, G. PROFETA, A. SANNA, S. SHARMA, J. K. DEWHURST, C. BERSIER, A. CONTINENZA, E. K. U. GROSS, AND S. MASSIDDA *Static and dynamical susceptibility of $LaO_{1-x}F_xFeAs$* Phys. Rev. B **81**, 104503 (2010)
5. P. CUDAZZO, G. PROFETA, A. SANNA, A. FLORIS, A. CONTINENZA, S. MASSIDDA, AND E. K. U. GROSS *Electron-phonon interaction and superconductivity in metallic molecular hydrogen I: Electronic and dynamical properties under pressure* Phys. Rev. B **81**, 134505 (2010)
6. P. CUDAZZO, G. PROFETA, A. SANNA, A. FLORIS, A. CONTINENZA, S. MASSIDDA, AND E. K. U. GROSS *Electron-phonon interaction and superconductivity in metallic molecular hydrogen. II. Superconductivity under pressure* Phys. Rev. B **81**, 134506 (2010)
7. G. PROFETA, C. FRANCHINI, KAILW GAMALATH, AND A. CONTINENZA *First-principles investigation of $BaFe_2As_2(001)$* Phys. Rev. B **82**, 195407 (2010)
8. N. CATALLO, S. COLACICCHI, V. CARNICELLI, A. DI GIULIO, LUCARI F., G. GUALTIERI: *Static Magnetic Field Effect on the Fremy's Salt-Ascorbic Acid Chemical Reaction Studied by Continuous-Wave Electron Paramagnetic Resonance*. Journal of Physical Chemistry. A, Molecules, Spectroscopy, Kinetics, Environment, & General Theory, vol. 114; p. 778-783 (2010).
9. TETSUYA FUKUSHIMA, KUNIIHIKO YAMAUCHI, AND SILVIA PICOZZI *Magnetically induced ferroelectricity in Cu_2MnSnS_4 and $Cu_2MnSnSe_4$* Physical Review B **82**, 014102 (2010)
10. ALESSANDRO STROPPA AND SILVIA PICOZZI *Hybrid functional study of proper and improper multiferroics* Phys. Chem. Chem. Phys **12**, 5405 (2010)
11. SANJEEV KUMAR, GIANLUCA GIOVANNETTI, JEROEN VAN DEN BRINK, AND SILVIA PICOZZI *Theoretical prediction of multiferroicity in double perovskite Y_2NiMnO_6* Physical Review B **82**, 134429 □2010□
12. ALESSANDRO STROPPA, MARTIJN MARSMAN, GEORG KRESSE AND SILVIA PICOZZI *The multiferroic phase of $DyFeO_3$: an ab initio study* New Journal of Physics **12** 093026 (2010)
13. KUNIIHIKO YAMAUCHI AND SILVIA PICOZZI *Interplay between Charge Order, Ferroelectricity, and Ferroelasticity: Tungsten Bronze Structures as a Playground for Multiferroicity* Physical Review Letters **105**, 107202 (2010)
14. SACHIO HORIUCHI, YUSUKE TOKUNAGA, GIANLUCA GIOVANNETTI, SILVIA PICOZZI, HIROTAKE ITOH, RYO SHIMANO, REIJI KUMAI & YOSHINORI TOKURA, *Above-room-temperature ferroelectricity in a single-component molecular crystal* Nature **463**, 789 (2010)
15. KUNIIHIKO YAMAUCHI AND SILVIA PICOZZI *Magnetic anisotropy in Li-phosphates and origin of magnetoelectricity in $LiNiPO_4$* Physical Review B **81**, 024110 □(2010)



DIPARTIMENTO DI FISICA

□

16. HUA WU, ALESSANDRO STROPPA, SUNG SAKONG, SILVIA PICOZZI, MATTHIAS SCHEFFLER, AND PETER KRATZER, *Magnetism in C- or N-doped MgO and ZnO: A Density-Functional Study of Impurity Pairs* Physical Review Letters 105, 267203 (2010)

Meetings and presentations:

N.Colonna, G. Profeta, A. Continenza: *Pressure effects on the structural and magnetic properties of BaFe₂As₂ SATT*: Congresso nazionale di superconduttività – Alghero 13-15 settembre 2010

Financial support:

MIUR: PRIN 07 (sept. 2008-up to april 2011)- Sistemi multistrato per effetti magnetoelastici, e magnetoresistivi con giunzioni ad effetto GMR tradizionale e ad effetto tunnel .

Project EU DECI-DEISA VII EU program: SUPERMAG in collaboration with Univ. Vienna (AU), Max-Planck Inst. Halle (DE), Univ. Cagliari (I); PI: A. Continenza - 3M hours-cpu at CINEC facilities

Project CINECA-ISCRA C: 20K hours/cpu at CINECA

Project HPC CASPUR: 20K hours/cpu at CASPUR facilities.

Starting Grant of the European Research Council, IDEAS call 2007, called BISMUTH (Contract no. EU-FP7 203523) 2008-2012

5) SURFACES, THIN FILMS AND NANOTECHNOLOGY research group

The scientific activity of this group is focussed on the study of nanometric materials for applications in nanoelectronics, fotovoltaics, and bio-medicine and has interests in four main material classes for different applications.

Participants:

Maurizio Passacantando (RU), Luca Lozzi (RU), S. Santucci. (PO), L. Ottaviano (RU), V. Grossi (post-doc Univ. L'Aquila), F. Ruggieri (post-doc Univ. L'Aquila), D. Di Camillo (post-doc Univ. L'Aquila), L. D'Ortenzi (post-doc Univ. L'Aquila), Stefano Prezioso (post-doc Univ. L'Aquila), Patrizia De Marco (post-doc Univ. L'Aquila), Federico Bisti (PhD student Univ. L'Aquila)

Collaborations:

Dipartimento di Fisica ER Caianiello, Università di Salerno.

Dipartimento di Scienze Fisiche, Università di Napoli Federico II.

Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Catania

Dipartimento di Fisica, Università di Camerino

Dipartimento di Fisica, Università di Bari

Università di Tel Aviv (IL)

Università di Parigi VI (F)

Università del Surrey (GB)

DHI (DK)

ENI Ricerche (Novara)

Università degli studi dell'Aquila, Prof. C. Cantalini (chemical and material engineering)

Università degli studi dell'Aquila, Prof. A. Poma (Biology department)



DIPARTIMENTO DI FISICA

Scientific and technological park, Barcelona (Spain)
CNR-Istituto ISOF
National Physics Laboratory, London, Dr. O. Kazakova
Politechnika Slaska Gliwice PL, Prof. J. Szuber

Research activity 5-a: **Structural and electronic properties of carbon nanotubes and germanium nanowires.**

The scientific research pursued the well established activity regarding growth and characterization of carbon nanotubes and monodimensional systems of nanometric dimensions suitable for sensor devices. This activity allowed several national and international collaborations that have been useful in proposals to apply for financial support in different applicative fields.

Research activity 5-b: **Films and nanofibers of N-doped TiO₂ for photocatalytic applications**

A research activity on the realization of N-doped TiO₂ films and nanofibers for photocatalytic systems has started. It is well known that titanium dioxide shows interesting photocatalytic properties, in particular for the degradation of pollutants, and for the inactivation of viruses and bacteria. In order to promote the electron-hole pair formation titanium dioxide must be illuminated by UV light. However it has been shown that the doping of both TiO₂ nanoparticles and films with some light atoms, as nitrogen, the photocatalytic properties can be achieved by using visible light, because doping levels are present in the energy gap. In this project, supported by EU, continuous films, deposited by dip-coating sol-gel, and nanofibers, deposited by electrospinning and near-field electrospinning, composed by N-doped TiO₂ will be prepared. These films will be used for the purification of water.

Research activity 5-c: **Interfaces between carbon nanotubes and organic films for photovoltaic applications.**

A research activity on the realization of multi-walled carbon nanotubes (MWNT) films and for the realization of transparent contacts for photovoltaic applications has started. These nanotubes have been grown by CVD on silicon substrates and then transferred by mechanical methods onto plastic (PET) substrates. These MWNTs-PET systems have been used for the realization of polymer-based solar cells. Moreover the interface properties between MWNT and organic compounds (as CuPc and C₆₀), have been studied by means of X-ray and UV photoemission spectroscopies.

Research activity 5-d: **Physics of low dimensional systems**

The scientific activity investigated different low dimensional systems ranging from surfaces, graphene and systems for molecular electronics, optoelectronics and spintronics.

Within the well established study of the physical properties of Mn-Ge, we studied by means of EXAFS spectroscopy the local coordination of Mn atoms implanted in Germanium. The properties of Ge nanowires were also studied.

Within a novel activity regarding the properties of two dimensional systems (graphene and graphene oxide) we examined the optical contrast of mechanically exfoliated graphene on silicon oxide and alumina substrates-

Finally, in collaboration with Prof. Szuber group, we characterized ultrathin films of Sn-oxide that can be used for gas sensor devices.

Publication list:



DIPARTIMENTO DI FISICA

16. M. AMBROSIO, C. ARAMO, V. CARILLO, A. AMBROSIO, F. GUARINO, P. MADDALENA, V. GROSSI, M. PASSACANTANDO, S. SANTUCCI AND A. VALENTINI. *A novel photodetector made of silicon and carbon nanotubes*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 617, 378 (2010).
17. F. RICCI, F. D'ORAZIO, A. CONTINENZA, F. LUCARI, M. PASSACANTANDO, G. IMPELLIZZERI, F. PRIOLO AND A. J. FREEMAN. *Magneto-optical spectra of Mn-Ge films*. Journal of Physics: Conference Series 200, 072079 (2010).
18. R. GUNNELLA, L. MORRESI, N. PINTO, M. ABBAS, A. DI CICCIO, L. OTTAVIANO, M. PASSACANTANDO, A. VERNA, G. IMPELLIZZERI, A. IRRERA AND F. D'ACAPITO. *Localization of the dopant in Ge:Mn diluted magnetic semiconductors by x-ray absorption at the Mn K edge*. Journal of Physics: Condensed Matter 22, 216006 (2010).
19. M. PASSACANTANDO, F. BUSSOLOTTI, AND S. SANTUCCI. *Tuning electromechanical response of individual CNT by selective electron beam induced deposition*. Journal of Non-Crystalline Solids 356, 2038(2010).
20. V. GROSSI, L. OTTAVIANO, S. SANTUCCI, M. PASSACANTANDO. *XPS and SEM studies of oxide reduction of germanium nanowires*. Journal of Non-Crystalline Solids 356, 1988 (2010).
21. P. PARISSÉ, F. BUSSOLOTTI, M. PASSACANTANDO, L. OTTAVIANO. *3D island growth of 6,13 Pentacenequinone on silicon oxide and gold*. Journal of Non-Crystalline Solids 356, 2079 (2010).
22. L. OTTAVIANO, P. PARISSÉ, V. GROSSI, M. PASSACANTANDO. *Nanowire directed diffusion limited aggregation growth of nanoparticles*. Journal of Non-Crystalline Solids 356, 2076 (2010).
23. A. DI GIUSEPPE, M. CRUCIANELLI, M. PASSACANTANDO, S. NISI AND R. SALADINO. *Chitin- and chitosan-anchored methyltrioxorhenium: An innovative approach for selective heterogeneous catalytic epoxidations of olefins*. Journal of Catalysis 276, 412 (2010).
24. S. PREZIOSO, P. DE MARCO, P. ZUPPELLA, S. SANTUCCI, AND L. OTTAVIANO *A study of the mechanical vibrations of a table-top extreme ultraviolet interference nanolithography tool[†]*, Rev. Sci. Instr. 81, 045110 (2010).
25. R. GUNNELLA, L. MORRESI, N. PINTO, A. DI CICCIO, L. OTTAVIANO, M. PASSACANTANDO, A. VERNA, G. IMPELLIZZERI, A. IRRERA, F. D'ACAPITO *Localization of the dopant in Ge:Mn diluted magnetic semiconductors by x-ray absorption at the Mn K edge*, J. Phys.: Condens. Matter 22, 216006 (2010).
26. P DE MARCO, M NARDONE, A DEL VITTO, M ALESSANDRI, S SANTUCCI, L OTTAVIANO *Rapid identification of graphene flakes: Alumina does it better*. Nanotechnology 21, 255703 (2010).
27. M. KWOKA, L. OTTAVIANO, N. WACZYNSKA, S. SANTUCCI, J. SZUBER *Influence of Si substrate preparation on surface chemistry and morphology of L-CVD SnO₂ thin films studied by XPS and AFM* Appl. Surf. Sci. 256, 5771 (2010).

Meetings and presentations:

1. L. LOZZI, S. SANTUCCI *Interface Properties between Organic Blend Films and Metallic Substrates for Solar Cell Applications*. AVS 2010, Albuquerque (USA) 17-21 October 2010 (oral presentation)
2. L. LOZZI, M. RINALDI, D. DI CAMILLO AND S. SANTUCCI *Well aligned metal oxide*



DIPARTIMENTO DI FISICA

- nanofibers grown by near field electrospinning* SIF Conference, Bologna (Italy) 20-24 September 2010 (oral presentation)
3. L. LOZZI, F. BISTI, S. SANTUCCI *Photoemission Investigation of the Interaction between Carbon Nanotubes and Solar Cell Dyes* European Energy Conference, Barcelona (Spain) 19-23 April 2010 (poster)
 4. Carbomat Catania novembre 2010 P. De Marco Presentazione Orale
 5. Dublino, Nov 2010, Workshop VUV L. Ottaviano pres Orale
 6. E-MRS Spring Meeting (Strasburgo FR) P. De Marco Poste
 7. ENEA Portici NA, L. Ottaviano Workshop su Graphene
 8. ISOF CNR Bologna Maggio 2010, Funmarch, L. Ottaviano presentazione Orale.
 9. Nano2010 Roma settembre 2010 (4 contributi): Luca Ottaviano Oral, S. Prezioso Oral, P. Demarco Oral, M. Donarelli oral.
 10. Luglio 2010 Aix En Provence, S. Prezioso Oral.

Financial support:

2009 - 2010 Project SinPhoNIA: supported by Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN). Principal Investigator: Prof. Sandro Santucci

2006 – 2010: European Community, Nanosci- ERA; Acronym: S-Five,,: Sort Single Single-wall-nanotubes of Specific Sizes. Principal Investigator: Prof. Sandro Santucci

2010-2013 Project NATIOMEM: **Nano-structured TiON Photo-Catalytic Membranes for Water Treatment**, finanziato dalla EU, FP7-NMP-2009-SMALL-3, € 296.400. Principal Investigator: Dott. L. Lozzi

XILOPHON-INFN P.I. Luca Ottaviano (budget 2010 40 kEuro)

Project in collaboration with dr. Andrea Reale Dip. di Ingegneria Tor Vergata



DIPARTIMENTO DI FISICA

AREA SCIENTIFICA: Fisica nucleare e subnucleare **02/A – FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI**

GRUPPO DI RICERCA: Ricerche nel campo delle Particelle Elementari e della Fisica Astroparticellare

Il gruppo di Fisica delle Particelle Elementari del Dipartimento di Fisica partecipa ad una serie di esperimenti presso i Laboratori del Gran Sasso (OPERA, ICARUS, WArP), ad un esperimento sullo studio dei raggi cosmici di altissima energia in Argentina (AUGER) che viene condotto anche in collaborazione con alcuni membri del gruppo di Fisica dell'Atmosfera, e ad un progetto PRIN 2007 biennale, finanziato dal MURST e cofinanziato dall'INFN e dall'Università dell'Aquila, condotto in collaborazione con i LNGS.

ESPERIMENTO OPERA

N. Di Marco, P. Monacelli, F. Pupilli

L'esperimento OPERA, condotto da una Collaborazione internazionale, si propone la rivelazione di neutrini tau in un fascio di neutrini mu prodotto al CERN di Ginevra. L'eventuale rivelazione di neutrini tau in un fascio di neutrini mu rappresenterebbe la prima dimostrazione diretta dell'importante fenomeno delle oscillazioni dei neutrini.

Nel 2008 è terminata la costruzione del bersaglio dell'apparato sperimentale nella sala C dei laboratori sotterranei del Gran Sasso (LNGS), bersaglio che è costituito da circa 150000 elementi realizzati alternando lastre di piombo con emulsioni fotografiche (brick). Tali elementi sono stati progettati per rispondere alla duplice necessità dell'esperimento, quella di avere una massa elevata unita ad una elevatissima granularità, necessaria per rivelare i prodotti della interazione del neutrino tau, caratterizzato da una vita media brevissima. Nel 2009 è partita la campagna di misura con il fascio di neutrini prodotti al CERN di Ginevra e rivelati dall'esperimento OPERA ai LNGS rivelando oltre 3700 interazioni nell'apparato.

Nel corso del 2010 il fascio di neutrini dal CERN ha avuto un'efficienza discreta ed in oltre 7 mesi di run sono stati registrati circa 4000 eventi, corrispondenti ad una luminosità integrata del fascio di neutrini pari a 4×10^{19} protoni (POT). Per ogni evento registrato è stato estratto il corrispondente "brick" dove è avvenuta l'interazione, e le emulsioni sono state sviluppate e misurate per la determinazione del vertice dell'interazione del neutrino e la misura delle particelle prodotte. Come previsto, sono stati identificati diversi eventi con produzione di "charm" ed è stata fatta la prima pubblicazione relativa a tali eventi; inoltre è stato pubblicato il primo evento candidato di interazione di neutrino tau. La raccolta dati è prevista proseguire fino a tutto il 2012 per raccogliere la statistica prevista (dell'ordine di una decina di eventi di interazione di neutrino tau).

Presso il Laboratorio del Gran Sasso, il gruppo dell'Università dell'Aquila, ha collaborato alla messa in opera dei rivelatori a piatti resistivi e alla realizzazione di un laboratorio di "scanning" che ospita microscopi automatizzati, usati per la misura delle emulsioni nucleari delle particelle prodotte dalle interazioni dei neutrini. In particolare nel corso del 2010 in tale laboratorio sono state misurate le due lastre di emulsione più a valle di ogni "brick", per avere la conferma dell'effettiva localizzazione dell'interazione del neutrino nel brick stesso, prima di procedere allo sviluppo e alla misura di tutte le emulsioni del brick in questione

The OPERA experiment, performed at the Gran Sasso underground Laboratory by an International Collaboration, has the purpose to directly detect the appearance of tau neutrinos in a pure muon neutrino beam, produced at CERN, 730 km away from the detector. This detection would finally confirm the



DIPARTIMENTO DI FISICA

evidence of the existence of neutrino oscillations, which up to now have been seen only by “disappearance” experiments.

During 2008 the construction of the target of the experiment in hall C of the underground laboratory has been completed; the active target consists of around 150000 “bricks” made of a sandwich of thin lead foils and nuclear emulsions. During the year 2009 the data taking has started with the detection of neutrino interactions using the neutrino beam produced at CERN.

In 2010 an efficient run of the CERN to Gran Sasso neutrino beam has been performed and more than 4000 interactions in the target of OPERA have been detected. For each event, the corresponding “brick” has been extracted, its emulsions developed and measured with automatic microscopes, in order to find the vertex of the neutrino interaction and to measure the produced particles. As foreseen, several “charm” events have been identified, and one neutrino tau interaction candidate has been found. These events have been the subject of a paper by the OPERA Collaboration. The experiment will run several years more, in order to collect the foreseen statistics (of the order of 10 neutrino tau interactions).

The OPERA group of the Physics Department of L’Aquila University had taken part to the construction of the RPC (Resistive Plate Chambers) detectors, and to the setting up of a scanning station at the Gran Sasso Laboratory. This scanning station has six fully automatic microscopes, which are used for the measurement of the charged particles produced by the neutrino interactions in the detector target. During the 2010 run, the two most downstream emulsion foils of each brick have been systematically measured at this scanning station in order to confirm the occurrence of the neutrino interaction in that particular “brick” before developing and measuring all the emulsions of the same brick.

Bibliografia – References

[1] N. Agafonova *et al.* [OPERA Collaboration] ”Observation of a first neutrino tau candidate in the OPERA experiment in the CNGS beam,” *Phys. Lett. B* **691**, 138 (2010).

[2] N. Agafonova *et al.* [OPERA Collaboration] ”Measurement of the atmospheric muon charge ratio with the OPERA detector,” *Eur. Phys. J. C* **67**, 25 (2010)

Finanziamenti – Funding: nel 2010 € 200.000 da INFN, in condivisione con gruppo presso LNGS.

ESPERIMENTO AUGER

M. Iarlori, S. Petrera, V. Rizi

L'esperimento è dedicato allo studio dei raggi cosmici di energia ultra elevata (UHECR), $E > 10^{18}$ eV, e si svolge a Malargüe in Argentina. Nel 2008 è stata completata l'installazione dei rivelatori e l'Osservatorio è completamente operativo.

Il gruppo L'Aquila/LNGS partecipa all'attività sul monitoring atmosferico ed è responsabile dell'operazione e analisi del Lidar Raman. La misura della profondità ottica (VAOD, vertical aerosol optical depth), effettuata giornalmente, consente di determinare il coefficiente di trasmissione dei fotoni in atmosfera ed è essenziale per la determinazione dell'energia degli sciami cosmici. Alla fine del 2008 è stato proposto un programma di R&D atmosferico da effettuarsi a Lamar (Colorado, USA), dove si sarebbe dovuto realizzare il sito Nord dell'esperimento, dedicato alla validazione delle misure (misura “side scattering” e misura diretta Raman). Di questo programma il Lidar Raman è una parte essenziale. Nel 2010 il Lidar Raman è stato



DIPARTIMENTO DI FISICA

montato a Lamar ed è stata effettuata una presa dati dal settembre 2010. La strumentazione verrà trasferita nel 2012 nel sito di Auger in Argentina.

Il gruppo partecipa inoltre (in collaborazione con F.Salamida) all'attività di simulazione e analisi dei dati con responsabilità dirette nella simulazione del trigger FD e calcolo dell'apertura. Nel corso del 2010 l'attività si è principalmente indirizzata verso lo spettro ibrido, cioè ottenuto da eventi rivelati contemporaneamente dai sistemi SD (Surface Detector) e FD (Fluorescence Detector).

Un'altra linea di ricerca del gruppo riguarda lo studio della propagazione dei raggi cosmici (in particolare dei nuclei) in ambiente extragalattico, tramite lo sviluppo di un codice di simulazione. Questa attività è parte di una ricerca che si propone di analizzare modelli di sorgenti di raggi cosmici, mettendo a confronto i dati delle simulazioni con i risultati sperimentali riguardanti lo spettro in energia e la composizione chimica dei raggi cosmici. Questa attività si svolge come parte della tesi di Dottorato di Denise Boncioli, attualmente dottoranda a Roma Tor Vergata.

The Pierre Auger experiment aims to study Ultra High Energy Cosmic Rays ($E > 10^{18}$ eV) and is located in Malargüe (Argentina). In 2008 the construction and the deployment of all the detectors has been completed and the Observatory is now fully operational.

The L'Aquila/LNGS team participates to the atmosphere monitoring and is responsible of the operation and data analysis of the Raman Lidar. The Vertical Aerosol Optical Depth (VAOD), measured at each FD shift, allows the determination of the transmission coefficient of UV photons in atmosphere and is crucial for an accurate evaluation of the energy of cosmic showers. At the end

of 2008 a R&D atmospheric program has been proposed for the Lamar site (Colorado, USA), site selected for the Auger North detector, program dedicated to the validation of different measurements ("side scattering" and direct one through Raman). The Raman Lidar is essential part of this program. In September 2010 a data acquisition has started. The instrumentation will be moved to the Auger site in Argentina during 2012.

The team is also active (in collaboration with F.Salamida) in the simulation and reconstruction of shower events and has responsibilities in the simulation of the FD trigger and the calculation of the detection aperture. During 2009 the main activity has been addressed to the hybrid spectrum, obtained using those events which are simultaneously detected by both the detection systems (SD and FD).

The group has been also active in the study of the propagation of cosmic rays (in particular of nuclei) in extragalactic environments, with the development of a simulation code. This activity is part of a research which has the aim of analyze different source models, comparing data from simulations with experimental results of energy spectrum and chemical composition of cosmic rays.

This activity is related to the PhD Thesis work of Denise Boncioli, now PhD student in Roma Tor Vergata.

Bibliografia – References

"The Balloon-the-Shower programme of the Pierre Auger Collaboration", B. Keilhauer [Pierre Auger Collaboration], *Astrophys.Space Sci.Trans.* 6 (2010) 27-30

"The northern site of the Pierre Auger Observatory" T. Suomijarvi [Pierre Auger Collaboration], *Nucl.Instrum.Meth.* A623 (2010) 416-418



DIPARTIMENTO DI FISICA

- “The highest-energy cosmic particles. Results from the Pierre Auger Observatory”, J. Blumer, *Physik J.* 41N4 (2010) 176-183
- “Update on the correlation of the highest energy cosmic rays with nearby extragalactic matter”, P. Abreu [Pierre Auger Collaboration], *Astropart.Phys.* 34 (2010) 314-326
- “The exposure of the hybrid detector of the Pierre Auger Observatory”, P. Abreu [Pierre Auger Collaboration], *Astropart.Phys.* 34 (2011) 368-381
- “Buried plastic scintillator muon telescope (BATATA)”, R. Alfaro [Pierre Auger Collaboration], *Nucl.Instrum.Meth.* A617 (2010) 511-514
- “Atmospheric monitoring with the LIDAR network of the Pierre Auger Observatory”, A.S. Tonachini [Pierre Auger Collaboration], *Nucl.Instrum.Meth.* A617 (2010) 517-519
- “The cosmic ray energy spectrum as measured using the Pierre Auger Observatory”, G. Matthiae [Pierre Auger Collaboration], *New J.Phys.* 12 (2010) 075009
- “Search for nearby extragalactic sources of the highest energy cosmic rays”, D. Harari [Pierre Auger Collaboration], *Int.J.Mod.Phys.* D19 (2010) 1031-1039
- “Simulation and reconstruction of cosmic ray showers for the Pierre Auger Observatory on the EGEE grid”, J. Chudoba [Pierre Auger Collaboration], *J.Phys.Conf.Ser.* 219 (2010) 072033
- “Recent results of the Pierre Auger Observatory”, D. Martello [Pierre Auger Collaboration], *AIP Conf.Proc.* 1223 (2010) 159-167
- “Cosmic rays at the highest energies”, J.R. Horandel [Pierre Auger Collaboration], *Prog.Part.Nucl.Phys.* 64 (2010) 351-359
- “The northern site of the Pierre Auger Observatory”, J. Blumer, *New J.Phys.* 12 (2010) 035001
- “Trigger and aperture of the surface detector array of the Pierre Auger Observatory” [Pierre Auger Collaboration], *Nucl.Instrum.Meth.* A613 (2010) 29-39
- “Limit on the diffuse flux of ultra high energy neutrinos using the Pierre Auger Observatory”, P. Billoir [Pierre Auger Collaboration], *J.Phys.Conf.Ser.* 203 (2010) 012125
- “Hybrid detection of ultra high energy cosmic rays with the Pierre Auger Observatory”, M. Settimo [Pierre Auger Collaboration], *J.Phys.Conf.Ser.* 203 (2010) 012127
- “Measurement of the energy spectrum of cosmic rays above 10^{18} eV using the Pierre Auger Observatory” [Pierre Auger Collaboration], *Phys.Lett.* B685 (2010) 239-246
- “Measurement of the depth of maximum of extensive air showers above 10^{18} eV” [Pierre Auger



DIPARTIMENTO DI FISICA

Collaboration] , Phys.Rev.Lett. 104 (2010) 091101

“A study of the effect of molecular and aerosol conditions in the atmosphere on air fluorescence measurements at the Pierre Auger Observatory”[Pierre Auger Collaboration], Astropart.Phys. 33 (2010) 108-129

“The fluorescence detector of the Pierre Auger Observatory”[Pierre Auger Collaboration], Nucl.Instrum.Meth. A620 (2010) 227-251

“Atmospheric effects on extensive air showers observed with the surface detector of the Pierre Auger Observatory” [Pierre Auger Collaboration], Astropart.Phys. 32 (2009) 89-99, Erratum-ibid. 33 (2010) 65-67

Contributi a Congressi – Communications to Congress

“Latest results of the Pierre Auger Observatory and astrophysical interpretations”, K. Kotera [Pierre Auger Collaboration], 25th Texas Symposium on Relativistic Astrophysics, December 6-10, 2010, Heidelberg, Germany

“Results from the Pierre Auger Observatory”, V. de Souza [Pierre Auger Collaboration], 4th School on Cosmic Rays and Astrophysics, August 25- September 04, 2010, Sao Paulo (Brazil)

“Recent results from the Pierre Auger Observatory”, K.-H. Kampert [Pierre Auger Collaboration], 35th International Conference of High Energy Physics – ICHEP2010, July 22-28, 2010, Paris (France)

Finanziamenti – Funding: da INFN 60.000 Euro



DIPARTIMENTO DI FISICA

ESPERIMENTO WARp

R. Acciarri, N. Canci, F. Cavanna, F. di Pompeo, E. Segreto, A. Szelc

Dipartimento di Fisica, Università dell'Aquila, INFN – Gruppo collegato dell'Aquila e INFN – Laboratori Nazionali del Gran Sasso

WARp è un esperimento per la rivelazione diretta di segnali da interazioni di particelle di “Materia Oscura” (Dark Matter – DM) presente nell’universo.

Il layout del rivelatore WARp-100 è composto da uno schermo esterno passivo, sostenuto da una struttura antisismica in acciaio [Fig. 1]; all'interno dello schermo esterno un grande criostato da 15 ton di Argon liquido (LAr) contiene (1) il rivelatore interno (100 l di LAr target), (2) il rivelatore VETO attivo formato da circa 8 tonnellate di LAr che circondano rivelatore interno e (3) esternamente al VETO attivo, anche immersi in LAr, 10 cm di spessore di polietilene (schermo interno per radiazione neutronica).

Il volume del rivelatore interno è delimitato da un sistema di field-shaping a forma cilindrica per la creazione di un campo elettrico di drift all’interno del volume di LAr, da un sistema a griglie sul lato superiore per l'estrazione degli elettroni di ionizzazione dal volume di Argon liquido in un volume di Argon gas al di sopra di esso e per la produzione di luce proporzionale in gas, e da una serie di 37 PMTs per la lettura dei segnali di luce primaria nel liquido e secondaria nella parte superiore del volume di gas [Fig. 2].

Le superfici che delimitano il volume del rivelatore interno sono rivestite da un layer di materiale altamente riflettente ricoperto da un film sottile di “*wave-length shifter*”, TPB – TetraPhenilButadiene, un material organico in grado di rimettere a maggiore lunghezza d’onda i fotoni di bassissima lunghezza d’onda (VUV – 128 nm) prodotti in LAr per effetto di scintillazione a seguito di fenomeni di ionizzazione indotti da particelle cariche. In questo modo, i fotoni di scintillazione VUV si propagano all'interno del volume di LAr, quindi sono spostati in lunghezza d’onda in fotoni visibili quando colpiscono il film di TPB sulla superficie che delimita il volume del rivelatore e sono riflessi (più volte) dalla superficie riflettente fino alla raccolta sull’area sensibile dei PMTs.

Il rivelatore, nel corso del 2010, è stato sottoposto ad un test di riempimento e funzionamento in condizioni di stabilità di acquisizione dati.

Un problema di tenuta in alta tensione sulle connessioni al catodo del rivelatore interno ha limitato la prosecuzione del test. Tuttavia informazioni utili sulla resa in luce del rivelatore e dei fondi residui da radiottività ambientale sono stati raccolti nel corso del test 2010.

Warp is an experiment for the detection of signals from direct interactions of particles of "Dark Matter" (DM) in the Universe.

The WARp-100 detector layout is composed by an external passive shield (a polyethylene 70 cm thick layer as neutron-shield and a lead 10 cm thick shield for gamma's) sustained by a stainless steel anti-seismic structure; inside the external shield a large 15 ton liquid Argon (LAr) cryostat (a double wall cryogenic vessel insulated with vacuum and super-insulation and made of stainless steel selected for low radioactive contamination) contains (1) the Inner Detector (100 l of active LAr target), (2) the active VETO detector formed by about 8 ton of LAr around the inner detector and (3) externally to the active VETO, also immersed in LAr, a 10 cm thick shield of polyethylene.

The Inner Detector volume is delimited by a cylindrical field-shaping system for the formation of the drift field inside the LAr internal volume, by a grid system on the top for the extraction of ionization electrons from the liquid Argon volume into the Ar gas volume above it and for the proportional light production in



DIPARTIMENTO DI FISICA

Ar gas, and by an array of 37 PMTs for the readout of the primary and secondary light signals on top of the gas volume.

The boundary surfaces of the Inner Detector volume are lined with a highly reflecting layer coated by a thin wavelength-shifting film of TPB (TetraPhenilBoutadiene). The reflector layer is a polymeric multi-layer plastic mirror totally dielectric and with highest specular reflectivity and the TPB film on it is obtained by deposition with vacuum evaporation technique (about 250 g/cm²).

In this way, scintillation VUV photons from energy deposition in the LAr volume propagate inside the LAr volume, then are wl-shifted into visible photons when hitting the TPB film on the surface boundaries and finally the visible photons are reflected (several times) from the mirror surfaces beneath, up to collection from the active (photo-cathodic) area of the PMT coverage.

The detector during 2010 has been subjected to a full test in experimental operation conditions of data acquisition stability.

A problem in the high voltage connections to the cathode of the detector limited the continuation of internal detector testing. However, information on the yield of the light detector and residual background from environment radioactivity were collected during the 2010 tests.



*Fig. 1: L'esperimento WArP nei laboratori sotterranei dei LNGS.
The WArP Apparatus in the LNGS underground hall.*



DIPARTIMENTO DI FISICA



*Fig. 2: Il sistema di fotomoltiplicatori di WArP – 100 l.
The WArp – 100 l PMTs array.*

Bibliografia – References

R. Acciarri et al., “**Effects of Nitrogen contamination in liquid Argon**”, JOURNAL OF INSTRUMENTATION, vol. 5, ISSN: 1748-0221, doi: 10.1088/1748-0221/5/06/P06003, (2010).

R. Acciarri et al., “**Oxygen contamination in liquid Argon: combined effects on ionization electron charge and scintillation light**”, JOURNAL OF INSTRUMENTATION, vol. 5, ISSN: 1748-0221, doi: 10.1088/1748-0221/5/05/P05003, (2010).

R. Acciarri et al., “**The WArP experiment**”, Journal of Physics: Conference Series 203 (2010) 012006.

Finanziamenti – Funding: € 220.000 da INFN per il Gruppo Collegato dell’Aquila e i LNGS



DIPARTIMENTO DI FISICA

PRIN 2007 (n. 2007WKA8F8_002)

Ottimizzazione di sistemi di raccolta del segnale in luce e in carica prodotto da particelle ionizzanti in rivelatori a gas nobili ultrapuri liquefatti e solidificati

R. Acciarri, M. Antonello, N. Canci, F. Cavanna, F. Di Pompeo, L. Grandi, O. Palamara, L. Pandola, G. Piano Mortari, E. Segreto, A.M. Szelc

Dipartimento di Fisica, Università dell'Aquila, INFN – Gruppo collegato dell'Aquila e INFN – Laboratori Nazionali del Gran Sasso

I gas nobili in fase liquida sono correntemente usati quale bersaglio e rivelatore nelle ricerche dirette di Materia Oscura, Dark Matter (DM). I segnali della luce di scintillazione nel liquido, a seguito della perdita di energia da parte del nucleo di rinculo nell'interazione con la particella di DM (ad es. WIMPs), devono essere acquisiti sino ad energie molto basse dai rivelatori di fotoni appositamente realizzati per operare in ambiente criogenico a bassissime temperature. I rivelatori per ricerca di DM con l'uso di Argon liquido (LAr) fanno uso di fotomoltiplicatori (PMTs) per la registrazione del segnale. Nel corso degli ultimi anni sono stati progettati e realizzati speciali PMTs equipaggiati di fotocatodi in grado di lavorare alla temperatura del LAr (87 K) e con la caratteristica di una Efficienza Quantica (QE) particolarmente elevata. Questa qualità è di particolare interesse per gli esperimenti che utilizzano il LAr come bersaglio e come rivelatore, proprio per le ricerche dirette di DM, attraverso la misura della luce di scintillazione emessa dal LAr a seguito delle interazioni nel mezzo stesso. Adottare questi nuovi PMTs, proprio per la aumentata QE, potrebbe condurre a miglioramenti significativi nella sensibilità del rivelatore sino a livelli molto bassi dell'energia di rinculo del nucleo che interviene nell'interazione.

Il più nuovo di questi PMTs, Hamamatsu Photonics Mod. R11065, con QE di picco dell'ordine del 35%, è stato oggetto di un'estesa campagna di tests nell'ambito del programma di R&D della Collaborazione WArP e del progetto di ricerca PRIN_2007 (n. 2007WKA8F8_002), cui partecipano il Dipartimento di Fisica dell'Università dell'Aquila e i Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) dell'INFN.

Un primo campione di PMTs R11065 è stato sottoposto ad una serie di misure allo scopo di quantificarne le caratteristiche in normali condizioni operative, ovvero immersi in LAr e in contatto ottico con rivelatori a LAr di diverso volume sensibile. Il segnale della luce di scintillazione, prodotta dall'interazione dei \square prodotti da una sorgente monocromatica di ^{241}Am (59.54 keV) con il LAr di un rivelatore, viene registrato da un PMT e acquisito da un waveform digitizer veloce. I fotoni della luce di scintillazione in LAr sono emessi con lunghezza d'onda nel range VUV (circa 127 nm), ma la trasmittanza della finestra del PMT è nulla per fotoni in quel range; quindi è necessario spostare la lunghezza d'onda dei fotoni emessi dal VUV al visibile mediante l'uso di un materiale *wavelength shifter* (wls) come il *Tetraphenyl-Butadiene* (TMB) [Fig. 1].



DIPARTIMENTO DI FISICA

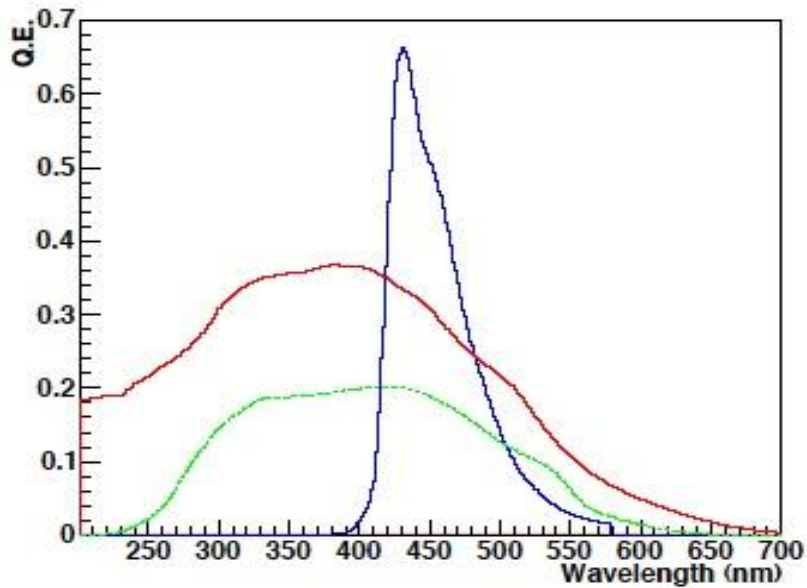


Fig. 1: Risposta spettrale del TPB wls [unità arb., linea blu]. QE del PMT R11065 Hamamatsu [linea rossa], $\langle QE \rangle = 29.5\%$, mediata su tutto lo spettro del TPB. QE di un PMT criogenico di riferimento (ETL D750) [linea tratteggiata verde], $\langle QE \rangle = 17.5\%$.

Tutte le superfici interne del rivelatore in contatto con il volume sensibile di LAr sono ricoperte con uno strato di materiale altamente riflettente sul quale è stato quindi depositato un sottile film di TPB [Fig. 2].

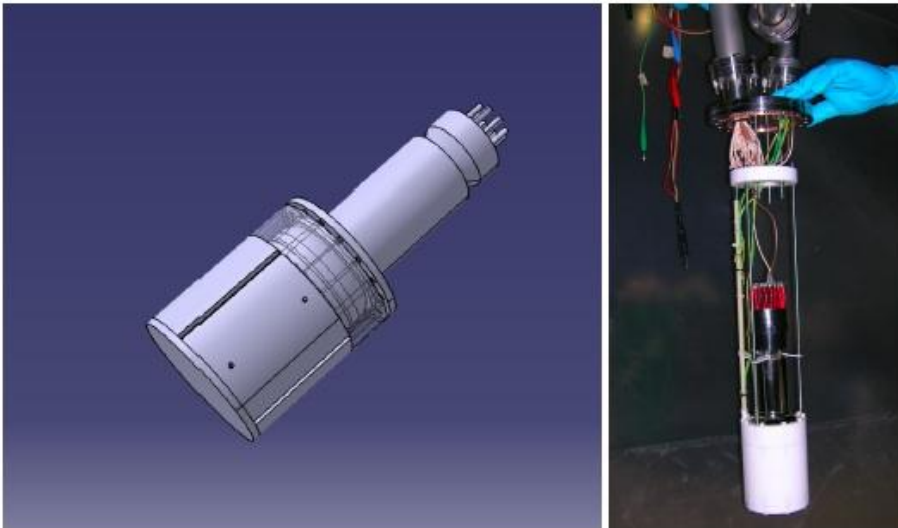


Fig. 2: Vista 3D isometrica e foto del rivelatore: cella in PTFE 0.5 l LAr e PMT Hamamatsu.

Il confronto tra il PMT R11065 Hamamatsu e un PMT criogenico di una precedente generazione, prodotto dalla Electron Tubes Limited - Mod. ETL D750 (attualmente in uso nel rivelatore WArP 100) è stato realizzato con i due PMTs in questione affacciati sullo stesso volume sensibile di LAr [Fig. 3].



DIPARTIMENTO DI FISICA

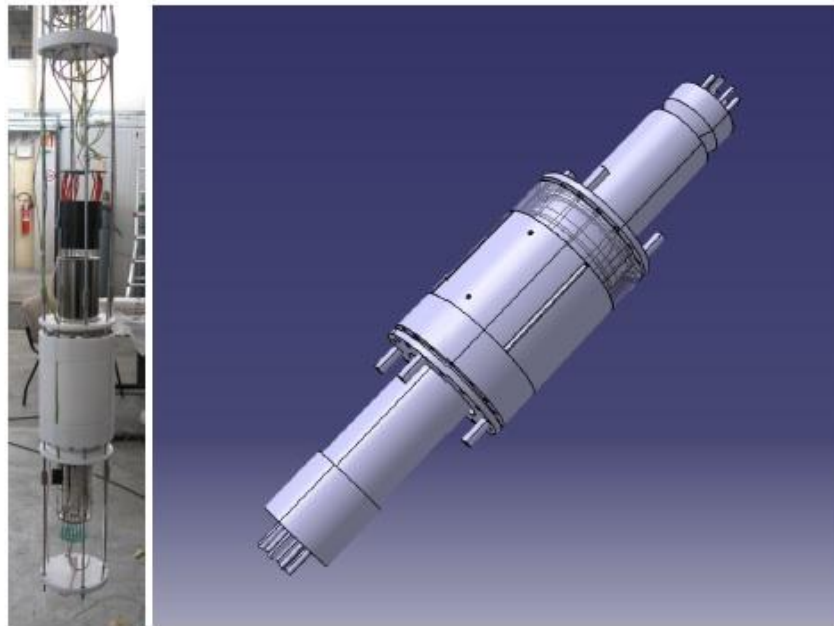


Fig. 3: Layout del rivelatore TWO-PMT: di sopra il PMT Hamamatsu (a faccia in giù), in basso il PMT ETL (a faccia in su) e in mezzo il volume sensibile di LAr nel rivelatore da 0,5 l in PTFE. Nel corso delle misure tutto il rivelatore è completamente immerso in LAr.

Piccole tracce di impurità nel LAr possono peggiorare le prestazioni del rivelatore. I processi di *Quenching* nelle collisioni a due corpi di molecole di impurità residue con gli stati dell'eccimer Ar_2^* (se libero, decadrebbe con emissione di luce di scintillazione) e di *Absorption* dei fotoni VUV emessi da parte di impurità foto-sensibili possono avvenire in ragione del tipo di impurità e della loro concentrazione. La raccolta della luce di scintillazione viene disturbata dalla presenza di molecole di O_2 and H_2O sciolte in LAr al livello di concentrazione di ≥ 100 ppb (parti per miliardo) e di N_2 al livello di concentrazione di ppm (parti per milione): la misura di questi importanti effetti è stata oggetto di una lunga serie di esperimenti dedicati in questo progetto di ricerca. La riduzione della concentrazione di impurità di O_2 e H_2O mediante sistemi di purificazione dedicati (trappole molecolari per l'acqua e reagenti per l'Ossigeno) è mandatorio per i rivelatori di DM che facciano uso della luce di scintillazione in LAr.

Nel corso di ogni run di misura sono stati selezionati gli impulsi dovuti a singoli fotoelettroni (SER), nella parte della forma d'onda acquisita lontana dal segnale di trigger (picchi isolati nella coda del segnale), per ricavare i dati necessari alla calibrazione in fotoelettroni. Un tipico impulso di SER è un segnale stretto ($\text{FWHM} \simeq 5$ ns) e che ritorna rapidamente a zero (o baseline) entro circa 20 ns dalla salita. Nel corso di questi test i PMTs Hamamatsu R11065 hanno esibito caratteristiche eccezionali permettendo raggiungere una resa di luce, Light Yield (LY, numero di fotoelettroni, *phel*, raccolti per unità di energia depositata), attorno a 7 phel/keV_{ee} in un rivelatore a LAr con una copertura del fotocatodo sensibile dell'ordine del 12%, sufficiente alla rivelazione di eventi sino a pochi keV_{ee} di energia depositata [Fig. 4].

Questi incoraggianti risultati indicano che questi nuovi PMTs sono i più adatti all'uso in esperimenti che facciano uso di LAr per la rivelazione diretta di Materia Oscura.



DIPARTIMENTO DI FISICA

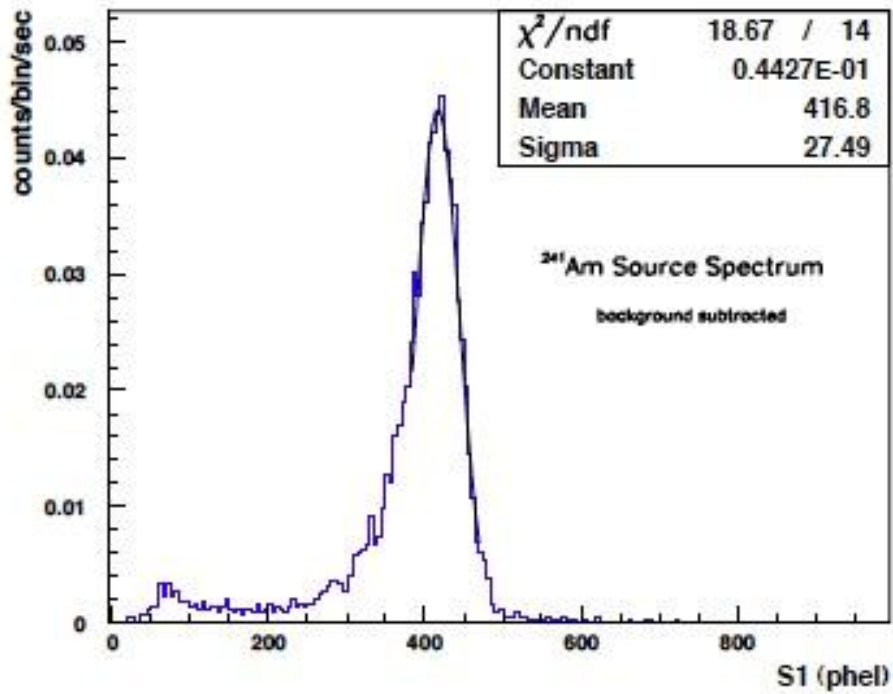


Fig. 4 : Hamamatsu R11065 PMT test: spettro della sorgente \square di ^{241}Am (spettro bianco sottratto). La risoluzione in energia al picco è $\square_E/E \approx 7\%$.



DIPARTIMENTO DI FISICA

Optimization of the collection systems for light and charge signals produced by ionizing particles in liquified and freezed ultrapure noble gas detectors

Liquified noble gases are widely used as a target in direct Dark Matter (DM) searches. Signals from scintillation in the liquid, following energy deposition from the recoil nuclei scattered by Dark Matter particles (e.g. WIMPs), should be recorded down to very low energies by photosensors suitably designed to operate at cryogenic temperatures. Liquid Argon (LAr) based detectors for DM searches currently implement photomultiplier tubes (PMTs) for signal read-out. In the last few years PMTs with photocathodes operating down to liquid Argon temperatures (87 K) have been specially developed with increasing Quantum Efficiency (QE) characteristics. This is of interest to experiments adopting LAr as target, in particular for direct DM searches, and reading out the scintillation light signals from interactions in the medium. Using these new PMTs could lead to improvements in detector sensitivity, down to low recoil energy thresholds, due to their enhanced QE.

The most recent of these PMTs, Hamamatsu Photonics Mod. R11065 with peak QE up to about 35%, has been extensively tested within the R&D program of the WArP Collaboration and the research project PRIN_2007 (n. 2007WKA8F8_002) a collaboraton of the Departement of Physics, University of L'Aquila and INFN-Gran Sasso National Laboratory (LNGS).

A first set of R11065 PMTs has been subject to a series of tests aiming at their characterization in reference working conditions, i.e. immersed in liquid Argon and optically coupled to LAr cells of various sizes. Scintillation light signals from interactions of photons from monochromatic ^{241}Am α -source (59.54 keV) in the LAr sensitive volume were detected by the PMTs and read out by fast waveform digitizers. Scintillation light photons in LAr are emitted with wavelength in the VUV range (around 127 nm), but the transmittance of the PMT-window for VUV photons is null; therefore, LAr VUV light as to be shifted to longer wavelength with the use of efficient *wavelength shifter* material (*wls*) such as *Tetraphenyl-Butadiene* (TMB) [Fig. 1].

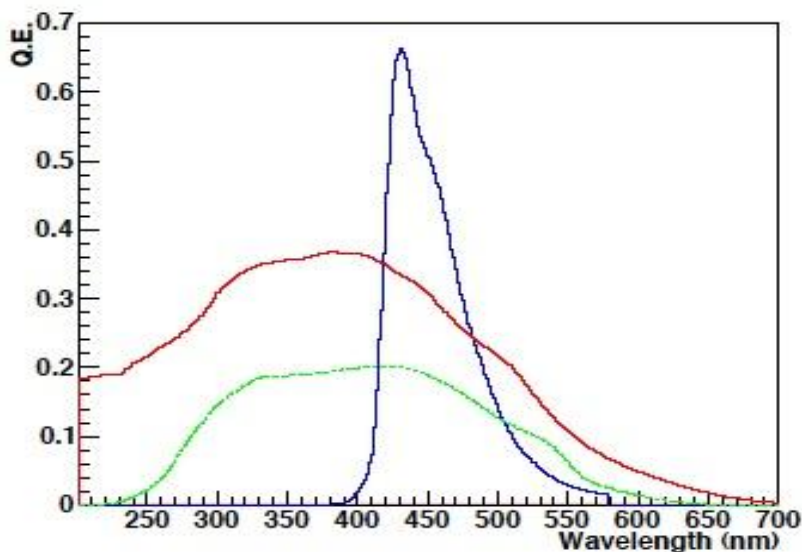


Fig. 1: The spectral response of the TPB wavelength-shifter [arb. units, blue line]. Quantum Efficiency of the R11065 Hamamatsu PMT [red full line], $\langle QE \rangle = 29.5\%$, averaged over the TPB spectrum. The QE of a reference cryogenic PMT (ETL D750) is also reported for comparison [green dotted line], $\langle QE \rangle = 17.5\%$.



DIPARTIMENTO DI FISICA

All the internal surfaces of the detector delimiting the LAr sensitive volume have been covered with a highly reflecting layer coated by a thin TPB film [Fig. 2].

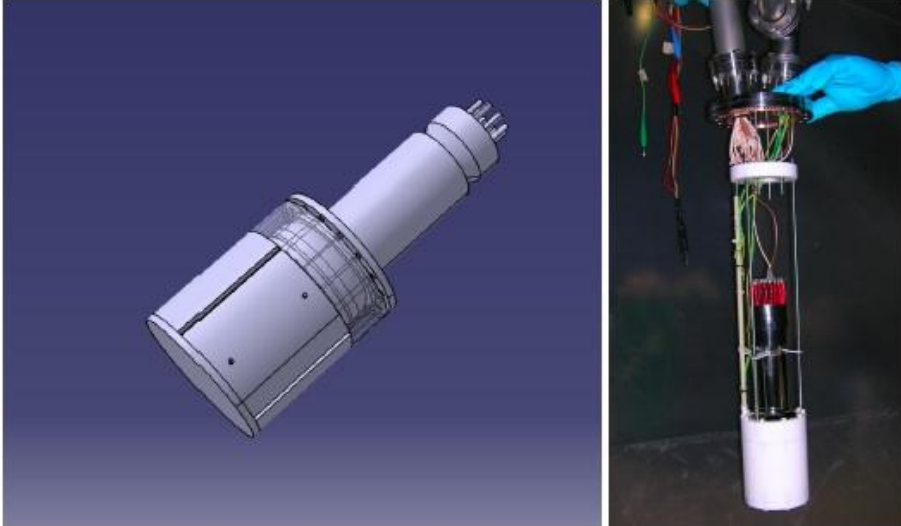


Fig. 2: 3D isometric view and picture of the detector in use: PTFE 0.5 l LAr cell and Hamamatsu PMT.

A comparison of the R11065 Hamamatsu PMT with a former generation of cryogenic PMT, produced by Electron Tubes Limited - Mod. ETL D750 (currently used in the WArP-100 detector), has been performed by simultaneously operating the two PMTs viewing a common LAr volume [Fig. 3].

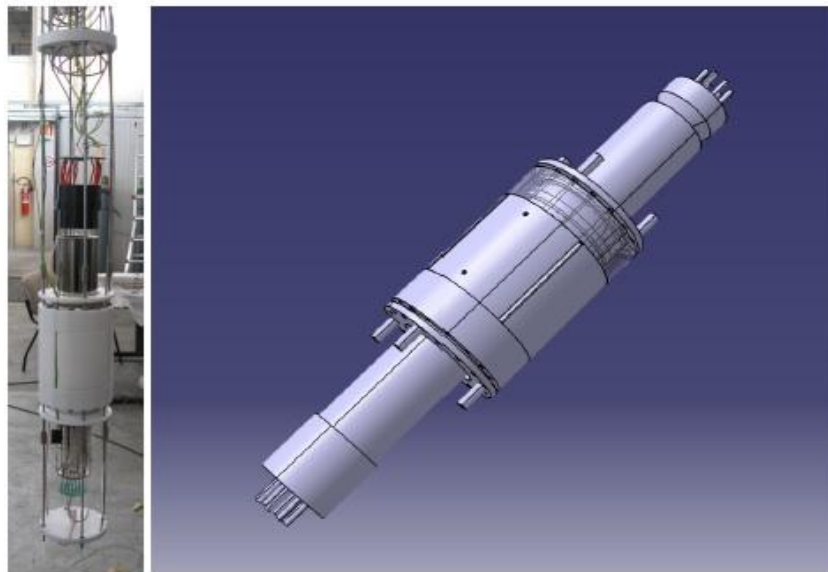


Fig. 3: Layout of the TWO-PMT detector: on top the Hamamatsu PMT (face-down), at the bottom the ETL PMT face-up and in between the LAr cell in PTFE. The detector is fully immersed in LAr during operation.



DIPARTIMENTO DI FISICA

Effects of residual impurities in LAr on the scintillation light output may significantly degrade the detector performance. *Quenching* (i.e. non-radiative) processes in two-body collisions of impurity-molecules with Ar^*_2 excimer states (otherwise radiatively decaying with scintillation light emission) and *Absorption* of the emitted VUV photons by photo-sensitive impurities can take place depending on the type of impurity and its concentration level. Light collection becomes affected by the presence of O_2 and H_2O molecules diluted at ≥ 100 ppb (part per billion) and N_2 diluted at ppm (part per million) levels of concentration: the measurements of these important effects have been the subject of a long series of experiments in this project. The reduction of the O_2 and H_2O content by appropriate purification systems (molecular sieves for water and Oxygen reactants) is definitively needed in Dark Matter detectors based on the collection of the LAr scintillation light.

During each source run, single photo-electron (SER) pulses have been selected from out-of-trigger parts of the recorded waveforms (isolated peaks in the waveform tail), in order to obtain photo-electron data needed for calibration. Typically, the SER pulse is a narrow signal ($\text{FWHM} \simeq 5$ ns) quickly returning to baseline (about 20 ns from the onset). During these tests the Hamamatsu PMTs showed superb performance and allowed obtaining a light yield (LY, number of photo-electrons, *phel*, collected per unit of deposited energy) around $7 \text{ phel} / \text{keV}_{ee}$ in a LAr detector with a photocathodic coverage in the 12% range, sufficient for detection of events down to few keV_{ee} of energy deposition [Fig. 4]. This shows that this new type of PMT is suited for experimental applications, in particular for new direct Dark Matter searches with LAr-based experiments.

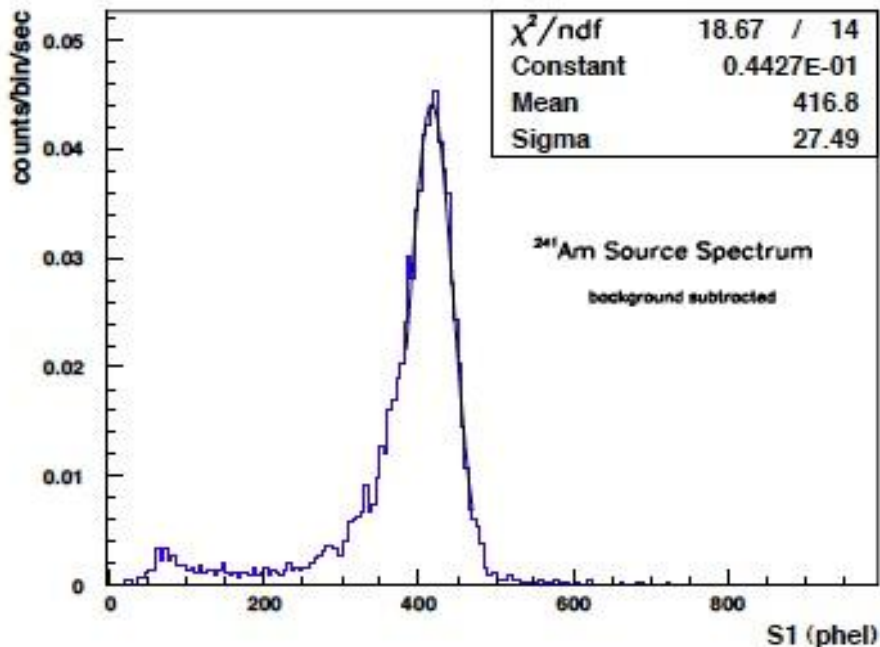


Fig. 4 : Hamamatsu R11065 PMT test: ^{241}Am source spectrum (blank spectrum subtracted). The relative energy resolution at the peak energy is $\sigma_E/E \simeq 7\%$.



DIPARTIMENTO DI FISICA

Bibliografia – References

R. Acciarri et al., “**Effects of Nitrogen contamination in liquid Argon**”, JOURNAL OF INSTRUMENTATION, vol. 5, ISSN: 1748-0221, doi: 10.1088/1748-0221/5/06/P06003, (2010).

R. Acciarri et al., “**Oxygen contamination in liquid Argon: combined effects on ionization electron charge and scintillation light**”, JOURNAL OF INSTRUMENTATION, vol. 5, ISSN: 1748-0221, doi: 10.1088/1748-0221/5/05/P05003, (2010).

E. Nichelatti, R.M. Montereali, M.A. Vincenti F. Di Pompeo, E. Segreto, N. Canci, F. Cavanna, “**Optical Characterization of Organic Light-Emitting Thin Films in the Ultraviolet and Visible Spectral Ranges**”, vol. ENEA-RT/2010/31/ENEA, ISSN/039, p. 1-21, ENEA (2010).

R. Acciarri et al., “**Demonstration and Comparison of Operation of Photomultiplier Tubes at Liquid Argon Temperature**”, arXiv:1108.5584v2 [physics.ins-det], p. 1-24, (2011), in corso di pubblicazione su Journal of Instrumentation.

Finanziamenti – Funding

PRIN2007 biennale 2008/10, € 170.000, di cui € 94.600 da MURST e € 75.400 da LNGS/INFN e Ateneo.



DIPARTIMENTO DI FISICA

GRUPPO DI RICERCA: Fisica Teorica delle Particelle Elementari e Fisica Astroparticellare

Partecipanti: Z. Berezhiani (PA), L. Pilo (RU), F.L. Villante (RU), N. Rossi (Assegnista), A. Maiezza, (Dottorando), P. Panci (Dottorando)

Collaborazioni:

B. Ricci, D. Comelli, F. Nesti (Univ. Ferrara & INFN Sezione di Ferrara), M. Cirelli (CEA, Saclay), A. Ianni, G. Pagiaroli, F. Vissani (LNGS)

Risultati conseguiti nel 2010:

Testo italiano:

Una linea di ricerca si è concentrata sulle modificazioni della gravità a grandi distanze e sulle possibili implicazioni sul problema della materia oscura e della energia oscura. In particolare, si è studiata la fase massiva della gravità ottenuta accoppiando la metrica della relatività generale ad una metrica gemella relativa ad una materia “mirror”. In questo modo, le due componenti di materia, visibile (ordinaria) e oscura (mirror), si accoppiano a differenti campi gravitazionali che si mescolano tra di loro attraverso termini di massa che rompono l’invarianza di Lorentz. Esistono due autostati di spin-2: il gravitone a massa nulla responsabile della attrazione universale di Newton, ed il gravitone massivo che genera un potenziale di tipo Yukawa repulsivo tra corpi ordinari e corpi oscuri. Come risultato di ciò, a distanze molto minori del raggio di Yukawa, la interazione gravitazionale tra i due tipi di materia diventa nulla, mentre a grandi distanze diviene universale, con una costante di Newton dimezzata.

Se il raggio di Yukawa è dell’ordine di 10 kpc, i.e. le dimensioni tipiche di una galassia, esistono interessanti implicazioni per le proprietà della materia oscura. In particolare, si può evitare il problema della “cuspidè” che è tipico degli aloni di materia oscura fredda. Inoltre, si può spiegare la forma piatta delle curve di rotazione delle galassie anche nel caso di materia collisionale e dissipativa (come la materia mirror). Le curve rotazionali per galassie grandi, medie e nane possono essere riprodotte.

Abbiamo considerato piccole variazioni delle proprietà fisico-chimiche del Sole rispetto alle predizioni dei Modelli Solari Standard ed abbiamo linearizzato le equazioni di struttura per metterle in relazione con le proprietà del plasma solare. Abbiamo ottenuto un sistema di equazioni differenziali lineari ordinarie. Tale sistema può essere utilizzato per calcolare la risposta del Sole a variazioni arbitrarie dei suoi parametri di input (opacità, sezioni d'urto, etc.). Utilizzando questo metodo di studio abbiamo analizzato i limiti su opacità (e composizione) che possono essere ottenuti da osservazioni eliosismologiche e dagli esperimenti sui neutrini solari.

Testo inglese:

One line of the research was devoted to the large distance modifications of gravity that can change our views on the problem of dark matter and dark energy. In particular, we studied the massive phase of



DIPARTIMENTO DI FISICA

gravity realized by coupling the metric of the general relativity to additional twin metric related to the twin (mirror) matter. In this way, the two matter components, visible (ordinary) and dark (mirror), couple to separate gravitational fields that mix to each other through small Lorentz-breaking mass terms. There are two spin-2 eigenstates: the massless graviton that induces universal Newtonian attraction, and the massive one that gives rise to the Yukawa-like potential which is repulsive between the ordinary and dark bodies. As a result, at distances much smaller than the Yukawa radius the gravitation between the two types of matter becomes vanishing, while at large cosmological distances it becomes universal but with halved Newton constant.

If the Yukawa radius is order 10 kpc, the typical size of a galaxy, there are interesting implications for the nature of dark matter. In particular, one can avoid the problem of the cusp that is typical for the cold dark matter halos. Moreover, the flat shape of the rotational curves can be explained even in the case of the collisional and dissipative dark matter (as mirror matter) that cannot give the extended halos but instead must form galactic discs similarly to the visible matter

The observed rotational curves for the large, medium-size and dwarf galaxies can be nicely reproduced.

We considered small variations of the physical and chemical properties of the sun with respect to Standard Solar Model predictions and we linearized the structure equations to relate them to the properties of the solar plasma. A system of ordinary differential equations was obtained which can be used to calculate the response of the sun to an arbitrary modification of the input parameters (opacity, cross sections, etc.). By using this method, we analyzed the present constraints on opacity (and composition) provided by helioseismic and solar neutrino data.

Publicazioni su riviste con referees:

F.L. Villante and B. Ricci, "Linear Solar Models", *Astrophys. J.* 714, 944 (2010).

F.L. Villante, "Linear Solar Models: a simple tool to investigate the properties of solar interior", *J. Phys. Conf. Ser.* 203, 012084 (2010).

F.L. Villante, "Constraints on the opacity profile of the sun from helioseismic observables and solar neutrino flux measurements", *Astrophys. J.* 724, 98 (2010).

Z. Berezhiani, L. Pilo, N. Rossi, "Mirror matter, mirror gravity and galactic rotational curves", *Eur. Phys. J.* C70, 305-316 (2010).

A. Maiezza, M. Nemevsek, F. Nesti, G. Senjanovic, "Left-Right Symmetry at LHC", *Phys. Rev. D* 82, 055022 (2010).

M. Cirelli, **P. Panci**, P. Serpico, "Diffuse gamma ray constraints on annihilating or decaying Dark Matter after Fermi", *Nucl. Phys.* B840, 284-303 (2010).

M. Cirelli, G. Corcella, **P. Panci**, et al. "PPPC 4 DM ID: A Poor Particle Physicist Cookbook for Dark Matter Indirect Detection." e-Print: arXiv:1012.4515 [hep-ph], Dec 2010. 52pp, submitted to JCAP



DIPARTIMENTO DI FISICA

Partecipazioni a congressi:

Int. Workshop: “Long Baseline Neutrino Physics and Astrophysics”, Institute for Nuclear Theory, Seattle, August 2010;

talk of **F.L. Villante**, “Constraints on the opacity profile of the sun from helioseismic and solar neutrino observables”.

Int. Workshop: “Neutrino Oscillation Workshop (NOW 2010)”, September 2010, Conca Specchiulla, Otranto (LE);

talk of **F.L. Villante**, “The opacity profile of the sun from helioseismology and solar neutrinos”.

Int. Workshop: “The Physics of the Sun and Solar Neutrinos: 2nd (Physun 2010)”, 4-5 October 2010 LNGS, L'Aquila, Italy;

invited talk of **F.L. Villante**: “Helioseismic and solar neutrino constraints on the composition and opacity of the sun”.

Int. Workshop SW4 “Hot topics in Modern Cosmology”, 10-15 May 2010, Cargese, France;

talks of **Z. Berezhiani** "Looking glass house: Dark matter, dark gravity"

and **L. Pilo** "Recent developments in massive gravity".

Int. Conf. “The Dark Matter Connection: Theory and Experiment”, 17-21 May 2010,

GGI, Florence;

invited talk of **Z. Berezhiani** on "Mirror dark matter"

Int. Workshop “Dark Matter: Its Origin, Nature and Prospects for Detection”, 1-19 June 2010, GGI, Florence;

seminar talk of **Z. Berezhiani** on Neutron oscillations

Int. Workshop “A Cubic Approach to Dark Matter”, 1-5 March 2010, Padua, Italy;

invited talk of **P. Panci** on "Diffuse gamma Ray Constraints on Annihilating or Decaying Dark Matter after FERMI"

Int. Conf. TeVPA, “TeV Particles Astrophysics”, 19-23 July 2010, Paris, France;

talk of **P. Panci** on "Diffuse gamma Ray Constraints on Annihilating or Decaying Dark Matter after FERMI"

4th UniverseNet School, “Frontiers of Particle Cosmology”, 13-18 Sept. 2010, Lecce, Italy;

talk of **P. Panci** on "Diffuse gamma Ray Constraints on Annihilating or Decaying Dark Matter after FERMI"

F.L. Villante gave seminars on “BBN and neutrons”, Laboratori Nazionali Legnaro, February 2010; on “Linear solar model: The role of opacity and metals in the sun” in Physics Department, University of Padova, March 2010; on “The solar composition problem” in UAM, Madrid, November 2010



DIPARTIMENTO DI FISICA

Z. Berezhiani gave seminars on "Mirror matter and mirror Gravity" in EPFL, Lausanne, Switzerland, February 2010; on Dark Matter, ETHZ, Zurich, Switzerland, April 2010; on "Mirror Matter as dark matter" and "Ordinary-mirror particle mixing phenomena" in JINR, Dubna, Russia, Oct.- Nov. 2010;

Progetti finanziati:

EU FP6 Research & Training Network **MRTN-CT-2006-035863** "Universenet", Euro 12.000, progetto quadriennale dal 10 Ott. 2007 al 10 Ott. 2010, Responsabile scientifico Z. Berezhiani

PRIN 2008 "Fisica Astroparticellare", Euro 58.000, progetto biennale, inizio Aprile 2010, Responsabile scientifico Z. Berezhiani



DIPARTIMENTO DI FISICA

AREA SCIENTIFICA: Fisica Dell' Atmosfera 04/A - GEOSCIENZE

GRUPPO DI RICERCA: Fisica dell' Atmosfera

Partecipanti:

Giovanni Pitari (professore associato), Eva Mancini (tecnico laureato), Natalia De Luca e Daniela Iachetti (assegnisti di ricerca).

Collaborazioni internazionali:

SPARC-CCMVal, SPARC-ACCMIP, SPARC-GeoMIP, Aerocom, EC-REACT4C, EC-Attica

Progetti finanziati:

Ente: Commissione Europea
EC-REACT4C
Importo totale: 154.500 Eur
Anni 2010-2012

Ente: Commissione Europea
EC-Attica
Importo totale: 105.000 Eur
Anni 2007-2010

Risultati conseguiti nel 2010:

L'attività di ricerca svolta nel corso del 2010 nel campo della Fisica dell'Atmosfera è stata incentrata sui seguenti temi:

1. studio dell'evoluzione a lungo termine dell'ozono atmosferico e dei meccanismi perturbativi di origine antropica e naturale che possono alterarne il trend;
2. studio dell'impatto chimico e climatico delle emissioni da flotte aeree;
3. studio degli aerosol troposferici e della qualità dell'aria: monitoraggio di inquinanti atmosferici ed impiego di modelli su scala locale e globale per lo studio dei meccanismi chimici e dinamici responsabili della distribuzione finale dei contaminanti.

Ozono atmosferico

Il gruppo di Fisica dell'Atmosfera ha maturato una lunga esperienza nello studio della distribuzione dell'ozono e dei meccanismi chimici e fisici responsabili dell'evoluzione a lungo termine dello strato di ozono.



DIPARTIMENTO DI FISICA

Il lavoro del nostro gruppo di ricerca in questo campo si avvale dell'ausilio di un modello numerico accoppiato di chimica e clima (CCM-ULAQ), che viene continuamente aggiornato e migliorato e la cui attendibilità è valutata attraverso il raffronto della meteorologia e della distribuzione dei gas simulate con le corrispondenti osservazioni.

Una parte consistente dell'attività di ricerca svolta nel corso del 2010, come anche negli anni precedenti, è stata effettuata nell'ambito del progetto di collaborazione internazionale *CCMVal*, che nasce proprio con l'obiettivo di valutare le prestazioni dei singoli modelli attraverso analisi mirate sulla capacità di questi di riprodurre specifici processi chimici, radiativi e dinamici ('process-oriented model validation'). Sono state effettuate simulazioni rappresentanti l'evoluzione atmosferica che, a partire dal passato recente, si sono spinte fino a coprire tutto il 21mo secolo: la risposta sulla distribuzione di ozono, sui cambiamenti climatici e sulla loro reciproca interazione è stata confrontata con quella ottenuta dagli altri modelli partecipanti al progetto, sottoposti alle stesse condizioni al contorno, e con le osservazioni.

Le prestazioni dei modelli partecipanti al confronto sono state valutate anche nella rappresentazione dei trend troposferici e degli scambi tra stratosfera e troposfera.

Impatto climatico delle emissioni da flotte aeree.

Nel 2010 la nostra attività nel settore dello studio delle interazioni tra emissioni da flotte aeree, clima e distribuzione di ozono stratosferico è stata svolta nell'ambito di due progetti europei: EC-Attica e EC-REACT4C. EC-Attica è stato un assessment scientifico sull'impatto del trasporto (aereo, navale, su terra) sulla composizione dell'atmosfera ed il clima che si è concluso proprio nel 2010 con la pubblicazione di un report che ribadisce come il trasporto aereo alteri globalmente la composizione dell'atmosfera, induca perturbazioni nel clima e nello strato di ozono.

Dal gennaio del 2010, il gruppo di Fisica dell'Atmosfera fa parte anche del consorzio europeo EC-REACT4C, nato con l'obiettivo di valutare le perturbazioni di carattere chimico e climatico prodotte dalle emissioni da trasporto aereo e di analizzare come modifiche alle quote di volo ed alle rotte potrebbero ridurre l'impatto ambientale delle emissioni.

Qualità dell'aria.

Da alcuni anni questo gruppo di ricerca è attivo nel campo del monitoraggio di inquinanti atmosferici e della modellistica numerica su scala locale e globale per lo studio dei meccanismi di formazione, rimozione e trasporto di tali inquinanti. Nel corso del 2010 sono svolti studi sull'evoluzione della qualità dell'aria nella nostra città attraverso l'impiego di un modello a scatola vincolato a dati meteo e sviluppato nell'ambito del gruppo e mediante misure in situ dei principali inquinanti (aerosol, ozono, NO_x, radon). E' continuata inoltre la collaborazione nell'ambito del progetto internazionale AeroCom.

Lingua inglese

The main scientific activities conducted during 2010, were on the following tasks: (a) global modeling of climate-chemistry interactions relevant for atmospheric ozone; (b) global impact of aircraft emissions on atmospheric composition and climate; (c) modeling and observations of NO_x, aerosols, ozone and radon to



DIPARTIMENTO DI FISICA

study the evolution of air quality in the L'Aquila site and global modeling activities in the framework of the Aerocom project.

Task (a)

Chemistry-climate model simulations of spring Antarctic ozone

Coupled chemistry-climate model simulations covering the recent past and continuing throughout the 21st century have been completed with a range of different models. Common forcings are used for the halogen amounts and greenhouse gas concentrations, as expected under the Montreal Protocol (with amendments) and Intergovernmental Panel on Climate Change A1b Scenario. The simulations of the Antarctic ozone hole are compared using commonly used diagnostics: the minimum ozone, the maximum area of ozone below 220 DU, and the ozone mass deficit below 220 DU. Despite the fact that the processes responsible for ozone depletion are reasonably well understood, a wide range of results is obtained. Comparisons with observations indicate that one of the reasons for the model underprediction in ozone hole area is the tendency for models to underpredict, by up to 35%, the area of low temperatures responsible for polar stratospheric cloud formation. Models also typically have species gradients that are too weak at the edge of the polar vortex, suggesting that there is too much mixing of air across the vortex edge. Other models show a high bias in total column ozone which restricts the size of the ozone hole (defined by a 220 DU threshold). The results of those models which agree best with observations are examined in more detail. For several models the ozone hole does not disappear this century but a small ozone hole of up to three million square kilometers continues to occur in most springs even after 2070.

Review of present-generation stratospheric chemistry-climate models and associated external forcings

The goal of the Chemistry-Climate Model Validation (CCMVal) activity is to improve understanding of chemistry-climate models (CCMs) through process-oriented evaluation and to provide reliable projections of stratospheric ozone and its impact on climate. An appreciation of the details of model formulations is essential for understanding how models respond to the changing external forcings of greenhouse gases and ozone-depleting substances, and hence for understanding the ozone and climate forecasts produced by the models participating in this activity. Here we introduce and review the models used for the second round (CCMVal-2) of this intercomparison, regarding the implementation of chemical, transport, radiative, and dynamical processes in these models. In particular, we review the advantages and problems associated with approaches used to model processes of relevance to stratospheric dynamics and chemistry. Furthermore, we state the definitions of the reference simulations performed, and describe the forcing data used in these simulations. We identify some developments in chemistry-climate modeling that make models more physically based or more comprehensive, including the introduction of an interactive ocean, online photolysis, troposphere-stratosphere chemistry, and non-orographic gravity-wave deposition as linked to tropospheric convection. The relatively new developments indicate that stratospheric CCM modeling is becoming more consistent with our physically based understanding of the atmosphere.

Multi-model assessment of stratospheric ozone return dates and ozone recovery in CCMVal-2 models

Projections of stratospheric ozone from a suite of chemistry-climate models (CCMs) have been analyzed. In addition to a reference simulation where anthropogenic halogenated ozone-depleting substances (ODSs) and greenhouse gases (GHGs) vary with time, sensitivity simulations with either ODS or GHG concentrations fixed at 1960 levels were performed to disaggregate the drivers of projected ozone changes. These simulations were also used to assess the two distinct milestones of ozone returning to historical values



DIPARTIMENTO DI FISICA

(ozone return dates) and ozone no longer being influenced by ODSs (full ozone recovery). The date of ozone returning to historical values does not indicate complete recovery from ODSs in most cases, because GHG-induced changes accelerate or decelerate ozone changes in many regions. In the upper stratosphere where CO₂-induced stratospheric cooling increases ozone, full ozone recovery is projected to not likely have occurred by 2100 even though ozone returns to its 1980 or even 1960 levels well before (2025 and 2040, respectively). In contrast, in the tropical lower stratosphere ozone decreases continuously from 1960 to 2100 due to projected increases in tropical upwelling, while by around 2040 it is already very likely that full recovery from the effects of ODSs has occurred, although ODS concentrations are still elevated by this date. In the midlatitude lower stratosphere the evolution differs from that in the tropics, and rather than a steady decrease in ozone, first a decrease in ozone is simulated from 1960 to 2000, which is then followed by a steady increase through the 21st century. Ozone in the midlatitude lower stratosphere returns to 1980 levels by 2045 in the Northern Hemisphere (NH) and by 2055 in the Southern Hemisphere (SH), and full ozone recovery is likely reached by 2100 in both hemispheres. Overall, in all regions except the tropical lower stratosphere, full ozone recovery from ODSs occurs significantly later than the return of total column ozone to its 1980 level. The latest return of total column ozone is projected to occur over Antarctica (2045–2060) whereas it is not likely that full ozone recovery is reached by the end of the 21st century in this region. Arctic total column ozone is projected to return to 1980 levels well before polar stratospheric halogen loading does so (2025–2030 for total column ozone, cf. 2050–2070 for Cl_y+60×Br_y) and it is likely that full recovery of total column ozone from the effects of ODSs has occurred by 2035. In contrast to the Antarctic, by 2100 Arctic total column ozone is projected to be above 1960 levels, but not in the fixed GHG simulation, indicating that climate change plays a significant role.

Multi-model assessment of the upper troposphere and lower stratosphere: Tropics and global trends

The performance of 18 coupled Chemistry Climate Models (CCMs) in the Tropical Tropopause Layer (TTL) is evaluated using qualitative and quantitative diagnostics. Trends in tropopause quantities in the tropics and the extratropical Upper Troposphere and Lower Stratosphere (UTLS) are analyzed. A quantitative grading methodology for evaluating CCMs is extended to include variability and used to develop four different grades for tropical tropopause temperature and pressure, water vapor and ozone. Four of the 18 models and the multi-model mean meet quantitative and qualitative standards for reproducing key processes in the TTL. Several diagnostics are performed on a subset of the models analyzing the Tropopause Inversion Layer (TIL), Lagrangian cold point and TTL transit time. Historical decreases in tropical tropopause pressure and decreases in water vapor are simulated, lending confidence to future projections. The models simulate continued decreases in tropopause pressure in the 21st century, along with ~1K increases per century in cold point tropopause temperature and 0.5–1 ppmv per century increases in water vapor above the tropical tropopause. TTL water vapor increases below the cold point. In two models, these trends are associated with 35% increases in TTL cloud fraction. These changes indicate significant perturbations to TTL processes, specifically to deep convective heating and humidity transport. Ozone in the extratropical lowermost stratosphere has significant and hemispheric asymmetric trends. O₃ is projected to increase by nearly 30% due to ozone recovery in the Southern Hemisphere (SH) and due to enhancements in the stratospheric circulation. These UTLS ozone trends may have significant effects in the TTL and the troposphere.

Task (b)

Perturbazioni chimico-climatiche prodotte dalle emissioni da trasporto aereo: effetti diretti e indiretti.



DIPARTIMENTO DI FISICA

Le emissioni del trasporto aereo possono alterare la composizione chimico-fisica dell'atmosfera a livello globale e causare di conseguenza cambiamenti climatici e variazioni del contenuto di ozono, sia in troposfera che in stratosfera. L'impatto climatico delle emissioni da aerei è dovuto all'emissione di CO₂, specie gassosa a lunga vita con impatto a lungo termine, e all'emissione di gas o particelle a vita più breve, come ossidi di azoto ed aerosol (impatto a breve termine). Le stime dell'IPCC hanno messo in evidenza come il contributo al Forcing Radiativo (RF) globale da parte delle emissioni dell'aviazione potrebbe oscillare, per uno scenario relativo al 2050, tra il 3 e il 7% della forzatura totale antropica, escludendo gli effetti indiretti sulle particelle di ghiaccio dei cirri. Recentemente la forzatura radiativa relativa agli aerei è stata aggiornata per uno scenario del 2005 rispetto ad un caso base del 2000 e in considerazione del forte aumento del traffico aereo avutosi dal 2000 in poi. In questo studio si è stimato un RF dovuto alle emissioni degli aerei pari a 0.1 W/m² e un aumento del contenuto di ozono troposferico di circa lo 0.6%. Le maggiori incertezze sono legate agli effetti diretti e indiretti degli aerosol ed alla fotochimica dell'ozono e dei suoi precursori a vita breve.

Task (c)

Evaluation of Black Carbon Estimations in Global Aerosol Models

We evaluate black carbon (BC) model predictions from the AeroCom model intercomparison project by considering the diversity among year 2000 model simulations and comparing model predictions with available measurements. These model-measurement intercomparisons include BC surface and aircraft concentrations, aerosol absorption optical depth (AAOD) retrievals from AERONET and Ozone Monitoring Instrument (OMI) and BC column estimations based on AERONET. In regions other than Asia, most models are biased high compared to surface concentration measurements. However compared with (column) AAOD or BC burden retrievals, the models are generally biased low. The average ratio of model to retrieved AAOD is less than 0.7 in South American and 0.6 in African biomass burning regions; both of these regions lack surface concentration measurements. In Asia the average model to observed ratio is 0.7 for AAOD and 0.5 for BC surface concentrations. Compared with aircraft measurements over the Americas at latitudes between 0 and 50N, the average model is a factor of 8 larger than observed, and most models exceed the measured BC standard deviation in the mid to upper troposphere. At higher latitudes the average model to aircraft BC ratio is 0.4 and models underestimate the observed BC loading in the lower and middle troposphere associated with springtime Arctic haze. Low model bias for AAOD but overestimation of surface and upper atmospheric BC concentrations at lower latitudes suggests that most models are underestimating BC absorption and should improve estimates for refractive index, particle size, and optical effects of BC coating. Retrieval uncertainties and/or differences with model diagnostic treatment may also contribute to the model-measurement disparity. Largest AeroCom model diversity occurred in northern Eurasia and the remote Arctic, regions influenced by anthropogenic sources. Changing emissions, aging, removal, or optical properties within a single model generated a smaller change in model predictions than the range represented by the full set of AeroCom models. Upper tropospheric concentrations of BC mass from the aircraft measurements are suggested to provide a unique new benchmark to test scavenging and vertical dispersion of BC in global models.

Observations of atmospheric species for pollution studies and possible link with other environmental researches

Observations of nitrogen oxides (NO_x), ozone, particulate matter and meteorological parameters were used



DIPARTIMENTO DI FISICA

to study the evolution of the air quality in the town of L'Aquila (Italy). The radon (radioactive, noble gas) is emitted by soil and it is usually monitored to understand its possible emission increase due to fault breaking during earthquakes. In this work, radon was observed in the atmosphere to use in regression models in order to address the role of vertical transport in the measured ozone levels. The results of model simulations showed the key role of atmospheric dynamics in the pollution evolution based on continuous observations and in a case study where changes on the atmospheric composition were detected, due to a fire event emission.

Publicazioni su riviste con referees:

- Austin J., H. Struthers, J. Scinocca, D. Plummer, H. Akiyoshi, A.J.G. Baumgaertner, S. Bekki, G.E. Bodeker, P. Braesicke, C. Brühl, N. Butchart, M. Chipperfield, D. Cugnet, M. Dameris, S. Dhomse, S. Frith, H. Garny, A. Gettelman, S.C. Hardiman, P. Jöckel, D. Kinnison, J.F. Lamarque, **E. Mancini**, M. Marchand, M. Michou, O. Morgenstern, T. Nakamura, J.E. Nielsen, **G. Pitari**, J. Pyle, E. Rozanov, T.G. Shepherd, K. Shibata, D. Smale, R. Stolarski, H. Teyssèdre, Y. Yamashita, Chemistry climate model simulations of the Antarctic ozone hole, *J. Geophys. Res.*, *115*, D00M11, doi:10.1029/2009JD013577, 2010a.
- Austin, J., J. Scinocca, D. Plummer, L. Oman, D. Waugh, H. Akiyoshi, S. Bekki, P. Braesicke, N. Butchart, M. Chipperfield, D. Cugnet, M. Dameris, S. Dhomse, V. Eyring, S. Frith, R.R. Garcia, H. Garny, A. Gettelman, S. C. Hardiman, D. Kinnison, J.F. Lamarque, **E. Mancini**, M. Marchand, M. Michou, O. Morgenstern, T. Nakamura, S. Pawson, **G. Pitari**, J. Pyle, E. Rozanov, T.G. Shepherd, K. Shibata, R. Stolarski, H. Teyssedre, R.J. Wilson, Y. Yamashita, The decline and recovery of total column ozone using a multi-model time series analysis, *J. Geophys. Res.*, *115*, D00M10, doi:10.1029/2010JD013857, 2010b.
- Butchart, N., I. Cionni, V. Eyring, D. W. Waugh, H. Akiyoshi, J. Austin, C. Brühl, M. P. Chipperfield, E. Cordero, M. Dameris, R. Deckert, S. M. Frith, R. R. Garcia, A. Gettelman, M. A. Giorgetta, D. E. Kinnison, F. Li, **E. Mancini**, C. McLandress, S. Pawson, **G. Pitari**, D. A. Plummer, E. Rozanov, F. Sassi, J. F. Scinocca, T. G. Shepherd, K. Shibata, and W. Tian: Chemistry-climate model simulations of 21st century stratospheric climate and circulation changes, *J. Climate*, *23*, 5349–5374, doi:10.1175/2010JCLI3404.1, 2010.
- Charlton-Perez A. J., E. Hawkins, V. Eyring, I. Cionni, G. E. Bodeker, D. E. Kinnison, H. Akiyoshi, S. M. Frith, R. Garcia, A. Gettelman, J. F. Lamarque, S. Pawson, R. S. Stolarski, J. Austin, S. Bekki, P. Braesicke, M. Chipperfield, S. Dhomse, **E. Mancini**, M. Michou, O. Morgenstern, **G. Pitari**, D. Plummer, J. A. Pyle, E. Rozanov, J. Scinocca, K. Shibata, T.G. Shepherd, H. Teyssedre, W. Tian, and D. W. Waugh, Quantifying uncertainty in projections of stratospheric ozone over the 21st century, *Atmos. Chem. Phys.*, *10*, 9473–9486, doi:10.5194/acp-10-9473, 2010.
- Eyring, V., I. Cionni, G. E. Bodeker, A. J. Charlton-Perez, D. E. Kinnison, J. F. Scinocca, D. W. Waugh, H. Akiyoshi, S. Bekki, M. P. Chipperfield, M. Dameris, S. Dhomse, S. M. Frith, H. Garny, A. Gettelman, A. Kubin, U. Langematz, **E. Mancini**, M. Marchand, T. Nakamura, L. D. Oman, S. Pawson, **G. Pitari**, D. A. Plummer, E. Rozanov, T. G. Shepherd, K. Shibata, W. Tian, P. Braesicke, S. C. Hardiman, J. F. Lamarque, O. Morgenstern, D. Smale, J. A. Pyle, and Y. Yamashita, Multi-model assessment of stratospheric ozone return dates and ozone recovery in CCMVal-2 models, *Atmos. Chem. Phys.*, *10*, 9451–9472, doi:10.5194/acp-10-9451-2010, 2010.



DIPARTIMENTO DI FISICA

- Hegglin M. I., A. Gettelman, P. Hoor, R. Krichevsky, G. L. Manney, L. Pan, S-W. Son, G. Stiller, S. Tilmes, K. A. Walker, V. Eyring, T. G. Shepherd, D. Waugh, J. Austin, J. F. Lamarque, H. Akiyoshi, D. Plummer, J. Scinocca, M. Michou, F. Cheroux, H. Teysse re, M. Dameris, H. Garny, A. Baumgaertner, C. Brühl, P. Jöckel, S. Pawson, R. Stolarski, S. Frith, S. Bekki, K. Shibata, D. Smale, E. Rozanov, T. Peter, **E. Mancini**, **G. Pitari**, M. Chipperfield, S. Dhomse, W. Tian, N. Butchart, S. C. Hardiman, P. Braesike, O. Morgenstern, J. A. Pyle, R. Garcia, D. E. Kinnison, Multi-Model Assessment of the Upper Troposphere and Lower Stratosphere: Extra-tropics, *J.Geophys.Res.*, *D00M09*, doi:10.1029/2010JD013884, 115, 2010.
- Gettelman, A., M. I. Hegglin, S-W. Son, J. Kim, M. Fujiwara, T. Birner, S. Kremser, M. Rex, J. A. Anel, H. Akiyoshi, J. Austin, S. Bekki, P. Braesike, C. Brühl, N. Butchart, M. Chipperfield, M. Dameris, S. Dhomse, H. Garny, S. C. Hardiman, P. Jöckel, D. E. Kinnison, J. F. Lamarque, **E. Mancini**, M. Marchand, M. Michou, O. Morgenstern, S. Pawson, G. Pitari, D. Plummer, J. A. Pyle, E. Rozanov, J. Scinocca, T. G. Shepherd, K. Shibata, D. Smale, H. Teysse re, W. Tian, Multi-model Assessment of the Upper Troposphere and Lower Stratosphere: Tropics and Global Trends, *J. Geophys. Res.*, *D00M08*, doi:10.1029/2009JD013638, 115, 2010.
- Lee D.S., **G. Pitari**, V. Grewe, K. Gierens, J. E. Penner, A. Petzold, M. Prather, U. Schumann, A. Bais, T. Berntsen, **D. Iachetti**, L. L. Lim and R. Sausen, Transport Impacts on Atmosphere and Climate: Aviation, *Atmos. Env.*, doi:10.1016/j.atmosenv.2009.06.005, 2010.
- Koch, D., M. Schulz, S. Kinne, G. Schuster, T. C. Bond, A. Clarke, D. W. Fahey, S. Freitag, C. McNaughton, J. R. Spackman, Y. Kondo, N. Moteki, L. Sahu, H. Sakamoto, N. Takegawa, Y. Zhao, Y. Balkanski, Susanne Bauer, T. Berntsen, T. Berglen, O. Boucher, M. Chin, **N. De Luca**, F. Dentener, T. Diehl, R. Easter, H. Feichter, D. Fillmore, S. Ghan, P. Ginoux, S. Gong, A. Grini, L. Horowitz, T. Iversen, A. Kirkevag, M. Krol, X. Liu, R. Miller, V. Montanaro, G. Myhre, J. Penner, J. Perlwitz, **G. Pitari**, S. Reddy,  . Seland, P. Stier, T. Takemura, C. Textor, Z. Klimont, and J. A. van Aardenne: Corrigendum to 'Evaluation of Black Carbon Estimations in Global Aerosol Models', *Atmos. Chem. Phys.*, 10, 79-81, 2010.
- Morgenstern O., M. A. Giorgetta, K. Shibata, V. Eyring, D. W. Waugh, T. G. Shepherd, H. Akiyoshi, J. Austin, A. J. G. Baumgaertner, S. Bekki, P. Braesicke, C. Brühl, M. P. Chipperfield, D. Cugnet, M.+ Dameris, S. Dhomse, S. M. Frith, H. Garny, A. Gettelman, S. C. Hardiman, M. I. Hegglin, D. E. Kinnison, J.-F. Lamarque, **E. Mancini**, E. Manzini, M. Marchand, M. Michou, T. Nakamura, J. E. Nielsen, **G. Pitari**, D. A. Plummer, E. Rozanov, J. F. Scinocca, D. Smale, S. Strahan, H. Teysse re, M. Toohey, W. Tian, Y. Yamashita: Review of present-generation stratospheric chemistry-climate models and associated external forcings, *J. Geophys. Res.*, *D00M02*, doi:10.1029/2009JD013728, 115, 2010.
- Oman L.D., D. Plummer, L., D. Waugh, J. Austin, J. Scinocca, A.R. Douglass, R.J. Salawitch, H. Akiyoshi, S. Bekki, P. Braesicke, N. Butchart, M. Chipperfield, S. Dhomse, V. Eyring, S. Frith, R.R. Garcia, A. Gettelman, S. C. Hardiman, D. Kinnison, J.F. Lamarque, **E. Mancini**, M. Marchand, M. Michou, O. Morgenstern, S. Pawson, **G. Pitari**, T. Perer, J. Pyle, E. Rozanov, T.G. Shepherd, K. Shibata, R. Stolarski, H. Teysse re, W. Tian; Multi-Model Assessment of the factors driving the ozone evolution over 21st century, *J. Geophys. Res.*, 115, D24306, doi:10.1029/2010JD014362, 2010.
- Ray E. A., F. L. Moore, K. H. Rosenlof, S. M. Davis, H. Boenisch, O. Morgenstern, D. Smale, E. Rozanov, M. Hegglin, **G. Pitari**, **E. Mancini**, P. Braesicke, N. Butchart, S. Hardiman, F. Li, K. Shibata and D. A. Plummer, Evidence for Changes in Stratospheric Transport and Mixing Over the Past Three Decades Based on Multiple Datasets and Tropical Leaky Pipe Analysis, *J. Geophys. Res.*, 115, D21304, doi:10.1029/2010JD014206, 2010.



DIPARTIMENTO DI FISICA

Son S.-W., E. P. Gerber, J. Perlwitz, L. M. Polvani, N. Gillett, K.-H. Seo, V. Eyring, T. G. Shepherd, D. Waugh, H. Akiyoshi, J. Austin, A. Baumgaertner, S. Bekki, P. Braesicke, C. Brühl, N. Butchart, M. Chipperfield, M. Dameris, S. Dhomse, S. Frith, H. Garny, R. Garcia, A. Gettelman, S.C. Hardiman, P. Jöckel, D. E. Kinnison, J. F. Lamarque, **E. Mancini**, M. Marchand, M. Michou, O. Morgenstern, S. Pawson, T. Peter, **G. Pitari**, D. A. Plummer, J. Pyle, E. Rozanov, J. F. Scinocca, K. Shibata, D. Smale, R. Stolarski, H. Teyssède, W. Tian, The Impact of Stratospheric Ozone on the Southern Hemisphere Circulation Changes: A Multimodel Assessment, *J. Geophys. Res.*, *DM00M07*, doi:10.1029/2010JD014271, 115, 2010.

SPARC Report on the Evaluation of Chemistry-Climate Models, V. Eyring, T. G. Shepherd, D. W. Waugh (Eds.), SPARC Report No. 5, WCRP-132, WMO/TD-No. 1526, *Contributo alla produzione ed all'analisi dei dati prodotti dal gruppo dell'Università de L'Aquila*, 2010.

Partecipazioni a congressi:

Di Carlo, P., C. Dari Salisburgo, E. Aruffo, **G. Pitari**, F. Giammaria, F. Biancofiore, A. D'Altorio, Y. Kajii: Observations of atmospheric species for pollution studies and possible link with other environmental researches, *TMU Symposium Series N. 5*, Tokyo Metropolitan University, 35-38 2010.

Iachetti D., N. De Luca, G. Pitari e P.Di Carlo: Perturbazioni chimico-climatiche prodotte dalle emissioni da trasporto aereo: effetti diretti e indiretti, *Convegni Lincei, Accademia Nazionale dei Lincei*, 2010.

Pitari G., N. De Luca, E. Mancini, S. Bekki, M. Mills, C. Timmreck, D.K. Weisenstein: Stratospheric aerosol optical depth: comparison of global model results with SAGE II and HALOE observations in the visible and near-, far-infrared channels, *EGU General Assembly 2010, held 2-7 May, 2010 in Vienna, Austria*, p.6064, *Bibliographic Code: 2010EGUGA..12.6064P*, 2010.



DIPARTIMENTO DI FISICA

AREA SCIENTIFICA: Fisica dello Spazio e delle Relazioni Sole-Terra 02/C – ASTRONOMIA, ASTROFISICA, FISICA DELLA TERRA E DEI PIANETI

GRUPPO DI RICERCA: Fisica dello Spazio e delle Relazioni Sole-Terra

Partecipanti: Umberto Villante (PO), Massimo Vellante (PA), Marcello De Lauretis (R), Patrizia Francia (R), Ermanno Pietropaolo (R), Andrea Piancatelli (Tec.), Mirko Piersanti (assegnista), Mauro Regi (assegnista), Chiara De Paulis (dottoranda).

Collaborazioni:

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia: dr. A. Meloni, dr. B. Zolesi

Istituto di Fisica dello Spazio Interplanetario (INAF): dr. E. Amata, dr. R. Bruno

Università di Roma-Tor Vergata: prof. F. Berrilli

Space Research Institute (Graz, Austria): dr. T.L. Zhang, dr. W. Magnes, dr. K. Schwingenschuh

Geophysical Institute (Sofia, Bulgaria): dr. P. Nenovski

Institute of the Physics of the Earth (Russia): dr. V.A. Pilipenko

GeoForschungsZentrum (Potsdam, Germany): dr. M. Förster

Attività di ricerca:

L'attività di ricerca viene sviluppata utilizzando le misure ad 1 sec. di campo geomagnetico acquisite con la strumentazione gestita dal gruppo presso la rete di magnetometri SEGMA (South European GeoMagnetic Array) e in Antartide, a Baia di Terranova (80°S) e a Dome C (89°S) (<http://sole-terra.aquila.infn.it/stazioni.asp>).

L'attività di ricerca si è inoltre avvalsa di dati interplanetari e magnetosferici (satelliti Wind, ACE, GOES e CLUSTER) e di misure magnetiche da altre reti a medie e basse latitudini, come SAMNET, IMAGE, INTERMAGNET, e da altre stazioni antartiche.

Nell'ambito delle iniziative intraprese in connessione al sisma del 6 Aprile 2009, il gruppo ha organizzato a L'Aquila dal 26 al 28 Aprile 2010 il convegno "Osservazioni elettromagnetiche e gravimetriche relative al sisma del 6 Aprile 2009 a L'Aquila" in cui sono state presentate tutte le osservazioni di tipo elettromagnetico e gravimetrico effettuate con varie strumentazioni da parte di vari gruppi italiani, sia nella fase precedente sia in quella seguente al sisma.

I principali risultati della ricerca possono essere sintetizzati come segue:

- a) Onde ULF ($f \sim 1 \text{ mHz} - 1 \text{ Hz}$) nella magnetosfera terrestre

L'attività di ricerca svolta dal gruppo nell'ambito del PNRA (Piano Nazionale Ricerche in Antartide) ha riguardato l'analisi delle misure di campo geomagnetico acquisite in Antartide presso le stazioni di Baia Terra Nova e Concordia per lo studio dei processi di trasmissione attraverso la magnetopausa di onde compressive generate nel vento solare a monte del fronte d'urto (onde upstream) (pubbl. 1, comunicazione a congresso 1). E' stato inoltre pubblicato uno studio sulle pulsazioni di periodo più lungo osservate su scala globale a frequenze discrete (pubbl. 2).



DIPARTIMENTO DI FISICA

b) Dinamica magnetosferica

La ricerca è stata focalizzata sullo studio della risposta a terra di impulsi di pressione del vento solare. Le osservazioni sperimentali presso la stazione geomagnetica de L'Aquila sono state confrontate con modelli teorici di previsione (Tsyganenko *T01* e *T04S*). Il più recente di questi modelli è stato modificato e migliorato al fine di ottenere previsioni più corrette. In particolare, è stata pubblicata un'analisi statistica di Sudden Impulses (SI) a latitudine geomagnetica $\approx 36^\circ$ esaminando 54 eventi durante gli anni 2000-2004 (pubbl. 3).

Nell'ambito dello studio di fluttuazioni di lungo periodo del campo geomagnetico successivi ad SI, tra Luglio e Dicembre 2010 il dr. Piersanti è stato Visiting Researcher presso l'Università di Newcastle (Australia). E' stato sviluppato un modello teorico per il calcolo delle autofrequenze delle linee di campo magnetosferico e un software, in ambiente Matlab, per il calcolo esatto dei footprints ionosferici delle linee di campo e per la rotazione lungo il sistema di coordinate allineate al campo (MFA).

c) Monitoraggio della densità plasmassferica

E' stato prodotto un archivio su scala oraria delle frequenze di risonanza di linea ad $L = 1.61$ e 1.83 e delle corrispondenti stime di densità plasmassferica. Tale archivio è disponibile sul sito WEB di SEGMA (<http://sole-terra.aquila.infn.it/remote-sensing.asp?lang=en>).

E' stato finanziato dalla Comunità Europea un progetto internazionale (*PLASMON – A new, ground based data-assimilative modeling of the Earth's plasmasphere - a critical contribution to Radiation Belt modeling for Space Weather purposes*) nell'ambito dell' FP7-SPACE-2010-1. Il nostro gruppo parteciperà a questo progetto triennale (2011-2014) in qualità di leader del Work Package "*Retrieval of equatorial plasma mass densities by EMMA magnetometer array and cross-calibration of whistler and FLR method*".

d) Precursori ULF di eventi sismici

Sono stati pubblicati i risultati di uno studio legato alla possibilità che alcuni segnali ULF si originino nella litosfera durante la fase precedente eventi sismici. Lo studio, effettuato in collaborazione con l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e con lo Space Research Institute di Graz (Austria), ha riguardato l'analisi delle misure magnetiche acquisite a L'Aquila durante i tre mesi precedenti il sisma del 6 Aprile 2009 focalizzando l'attenzione sull'occorrenza di segnali simili a quelli osservati in occasione di altri terremoti (pubbl. 4, presentazione a congresso 2).

Sono state confrontate misure ionosferiche delle stazioni di Roma e Sofia durante un periodo (1997) di forte attività sismica nell'Italia centrale. Tale analisi ha rivelato la presenza di diversi disturbi ionosferici nella regione intermedia E-F prima degli eventi sismici imputati all'azione di onde di gravità (pubbl. 5).

e) Fisica solare e del mezzo interplanetario

Nell'ambito di una collaborazione con l'Università di Roma-Tor Vergata, il gruppo ha partecipato alla fase di Concept Design del Telescopio Solare Europeo (EST) e ha contribuito allo sviluppo di tecniche



DIPARTIMENTO DI FISICA

numeriche di analisi spettrale e allo studio e alla simulazione delle osservazioni di irradianza solare.

Il gruppo è anche coinvolto nello sviluppo della missione spaziale dell'ESA denominata "Solar Orbiter" e in questo ambito ha partecipato allo studio di diverse tecniche di compressione dei dati relativi all'esperimento SWA (Solar Wind Analyzer).

Research activity

The research activity has been basically conducted through the analysis of 1 s geomagnetic field measurements at SEGMA (South European GeoMagnetic Array, cooperation with the Space Research Institute of Graz, Austria) and in Antarctica (Terra Nova Bay, geom. lat. -80° , and Dome C, geom. lat. -89°) (<http://sole-terra.aquila.infn.it/stazioni.asp>).

We also used interplanetary and magnetospheric data (Wind, ACE, GOES and CLUSTER spacecraft) and geomagnetic measurements from several mid-to-low latitude arrays, such as SAMNET, IMAGE, INTERMAGNET, and from other Antarctic stations.

In the framework of the initiatives following the 6 April 2009 L'Aquila earthquake, the group organized the workshop "Osservazioni elettromagnetiche e gravimetriche relative al sisma del 6 Aprile 2009 a L'Aquila" (L'Aquila, 26-28 April 2010) to present and discuss all the electromagnetic and gravimetric measurements conducted in the L'Aquila region, using different experiments, both before and after the earthquake.

The most important results are the following:

- a) ULF ($f \sim 1 \text{ mHz} - 1 \text{ Hz}$) waves in the magnetosphere.

The research activity has been developed in the framework of PNRA (Piano Nazionale Ricerche in Antartide) and has been focused on the analysis of the geomagnetic measurements at the two Antarctic stations of Terra Nova Bay and Concordia, to investigate the transmission processes of upstream waves in the Earth's magnetosphere (publ. 1, paper presented at the conference 1). A multi-station analysis of longer period geomagnetic pulsations observed at discrete frequencies has been published (publ. 2).

- b) Magnetospheric dynamics.

The research has been focused on the study of the ground response to solar wind pressure pulses. The observations at the geomagnetic station of L'Aquila have been compared with theoretical models (Tsyganenko T01 e T04S). The latest model has been modified to obtain more accurate results. In particular, a statistical analysis of Sudden Impulses (SI) at the geomagnetic latitude of $\approx 36^\circ$ for 54 events during the years 2000-2004 has been published (publ. 3).

In the framework of the study of long period fluctuations of the geomagnetic field occurring after SIs, during July-December 2010 dr. Piersanti was Visiting Researcher at the University of Newcastle (Australia). A theoretical model has been developed to compute the eigenfrequencies of the geomagnetic field lines and a software in Matlab to identify the ionospheric footprints of the field lines and to rotate in magnetic aligned coordinate system (MFA).



DIPARTIMENTO DI FISICA

c) Monitoring of the plasmaspheric density.

We have produced a database with hourly values of the estimated field-line resonance frequency at $L = 1.61, 1.83$, together with corresponding inferred equatorial plasma mass densities which is available at the SEGMA WEB site (<http://sole-terra.aquila.infn.it/remote-sensing.asp?lang=en>).

An international project (*PLASMON – A new, ground based data-assimilative modeling of the Earth's plasmasphere - a critical contribution to Radiation Belt modeling for Space Weather purposes*) has been funded by the European Community (FP7-SPACE-2010-1). Our group will be involved in this three-year project (2011-2014) as the leader of the Work Package “*Retrieval of equatorial plasma mass densities by EMMA magnetometer array and cross-calibration of whistler and FLR method*”.

d) ULF precursors of seismic events

The results of a study on the possible identification of ULF signals originated in the lithosphere before seismic events have been published. Such study, conducted in the framework of a collaboration with the Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia and the Space Research Institute of Graz (Austria), has been devoted to the analysis of the magnetic observations performed at L'Aquila during three months preceding the April 6, 2009 earthquake focusing attention on the possible occurrence of features similar to those identified in previous events (publ. 4, paper presented at the conference 2).

Ionospheric measurements from Rome and Sofia stations during earthquake (EQ) activity occurring in central Italy in 1997 have been compared. It was found that several ionospheric disturbances occurred in the intermediate E-F region before the EQ shock and acoustic gravity waves are suggested as one of the possible sources of these anomalies (publ. 5).

e) Solar physics and interplanetary medium

In collaboration with the University of Roma-Tor Vergata, the group participated to the Concept Design of the European Solar Telescope (EST) and contributed to the development of numerical techniques of spectral analysis and to the study and modeling of the solar irradiance (publ. 6).

The group is also involved in the Solar Orbiter ESA mission and in this framework participated to the study of different techniques of data compression for the solar wind experiment SWA (Solar Wind Analyzer).

Publicazioni su riviste con referees:

1. De Lauretis M., P. Francia, M. Regi, U. Villante, A. Piancatelli, Pc3 pulsations in the polar cap and at low latitude, *J. Geophys. Res.*, 115, A11223, doi:10.1029/2010JA015967, 2010.



DIPARTIMENTO DI FISICA

2. Villante U., P. Francia, and M. Vellante, Long period magnetospheric oscillations at discrete frequencies: The results of a multi-station analysis, *Adv. Spa. Res.*, 46, Issue 4, 460-467, doi:10.1016/j.asr.2009.07.030, 2010.
3. Villante U., and M. Piersanti, Sudden impulses at geosynchronous orbit and at ground. *J. Atm. Solar Terr. Phys.*, doi:10.1016/j.jastp.2010.01.008, 2010.
4. Villante U., M. De Lauretis, C. De Paulis, P. Francia, Piancatelli A., E. Pietropaolo, M. Vellante, A. Meloni, P. Palangio, K. Schwingenschuh, G. Prattes, W. Magnes, and P. Nenovski, The April,6 2009 earthquake at L'Aquila: a preliminary analysis of magnetic field measurements, *Nat. Hazards Earth Sys. Sci.*, 10, 203-214, 2010.
5. Nenovski P., Ch. Spassov, M. Pezzopane, U. Villante, M. Vellante, and M. Serafimova, Ionospheric transients observed at mid-latitudes prior to earthquake activity in Central Italy, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10, Issue 6, 1197-1197, doi:10.5194/nhess-10-1197-2010, 2010.
6. Viticchiè, B.; Vantaggiato, M.; Berrilli, F.2; del Moro, D.; Penza, V.; Pietropaolo, E.; Rast, M.; Modeling the solar irradiance background via numerical simulation, *Astrophys. and Space Sci.*, 328, 1-2, 39-42, Doi: 10.1007/s10509-010-0300-7, 2010.
7. Berrilli, F., Bigazzi, A., Roselli, L., Sabatini, P., Velli, M., Alimenti, F., Cavallini, F., Greco, V., Moretti, P. F., Orsini, S., Romoli, M., White, S. M., ADAHELI Team; Ascani, L., Carbone, V., Curti, F., Consolini, G., Di Mauro, M.P., Del Moro, D., Egidi, A., Ermolli, I., Giordano, S., Pastena, M., Pulcino, V., Pietropaolo, E., Romano, P., Ventura, P., Cauzzi, G., Valdetaro, L., Zuccarello, F., The ADAHELI solar mission: Investigating the structure of Sun's lower atmosphere, *Adv. Spa. Res.*, 45, Issue 10, 1191-1202, 2010.

Partecipazioni a congressi:

1. International Polar Year - Oslo Science Conference, June 8-12, 2010, Oslo, Norway, comunicazione: "A Multipoint Case Study of Pc3 Pulsations Observed in the Southern Polar Cap, at Low Latitude and in Magnetosphere", **P.Francia**, M. De Lauretis, U. Villante, M. Regi, A. Piancatelli and V.A. Pilipenko I
2. GU General Assembly, 02 – 07 May 2010, Vienna, Austria, poster: "Seismo-magnetic multi-point ULF studies before the 2009 L'Aquila earthquake using the South European GeoMagnetic Array", G. Prattes, K. Schwingenschuh, H. Eichelberger, B. Besser, W. Magnes, M. Stachel, M. Vellante, U. Villante, P. Nenovski and the SEGMA Team E
3. Workshop "Osservazioni elettromagnetiche e gravimetriche relative al sisma del 6 Aprile 2009 a L'Aquila", 26-28 April 2010, L'Aquila, comunicazione: "Il terremoto del 6 Aprile a L'Aquila: W



DIPARTIMENTO DI FISICA

Analisi di misure magnetiche nella banda ULF”, M. De Lauretis, U. Villante, P. Francia, A. Piancatelli, E. Pietropaolo, M. Vellante

Progetti finanziati:

- INAF/ASI “Studi di Esplorazione del Sistema Solare” (Umberto Villante, responsabile):

Titolo: “Studio delle perturbazioni magnetiche nell’ambito dello space weather”

Descrizione: La ricerca ha lo scopo di perseguire le seguenti finalità principali: determinazione della fenomenologia dello space weather, considerando il sistema Sole-Terra con approccio integrato, sviluppo di modelli del sistema fisico Sole-Eliosfera-Magnetosfera.

Finanziamento: 44201,44 Euro

Durata 24 mesi. Inizio 1/06/2007, fine 1/06/2010.

- ENEA-PNRA (Umberto Villante, responsabile progetto)

Titolo: Pulsazioni ULF, dinamica magnetosferica e aspetti dello Space Weather a latitudini polari

Descrizione: La ricerca riguarderà i meccanismi di generazione di oscillazioni a frequenze discrete, l’origine delle pulsazioni ad alta latitudine, la risposta magnetosferica a strutture interplanetarie durante la fase ascendente del ciclo solare.

Finanziamento: 65000 Euro

Durata: 24 mesi. Luglio 2010, Luglio 2012.