

DIPARTIMENTO DI FISICA

UNIVERSITA' DELLA CALABRIA



RAPPORTO ATTIVITA'

ANNO ACCADEMICO 2000/2001

Pubblicazioni scientifiche relative all'anno solare 2001

*Università degli Studi della Calabria - Dipartimento di Fisica
C.da Arcavacata, 87036 RENDE (Cosenza) - ITALY*

RAPPORTO ATTIVITA'

ANNO ACCADEMICO 2000/2001

Pubblicazioni scientifiche relative all'anno solare 2001

Indice

<i>Introduzione</i>	6
---------------------------	---

INFORMAZIONI GENERALI

Organi del Dipartimento	7
Professori di ruolo	8
Dottorandi, Assegnisti e Post-Doc	9
Personale tecnico ed amministrativo	10
Elenco numeri telefonici del Dipartimento	11
Seminari	12
Tesi di Laurea	14
Tesi di Dottorato	16
Congressi e Convegni	17

ATTIVITA' DI RICERCA

1 - ASTROFISICA	18
1.1 I PLASMI IN ASTROFISICA	19
1.1.1 Onde e turbolenze magnetoidrodinamiche nell'atmosfera solare e nel vento solare	19
1.1.2 Processi di trasporto normale e anomala nell'eliosfera	20
1.2 I PLASMI DI LABORATORIO	21
1.2.1 Intermittenza nella turbolenza di bordo del RFX	21
<i>Pubblicazioni</i>	22
2 - FISICA TEORICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI	28
2.1 FENOMENOLOGIA ADRONICA E QCD	28
2.1.1 QCD	28
2.1.2 Fenomenologia adronica	28
2.1.3 Interazione K-N	29
2.2 TEORIE DI GAUGE SU RETICOLO	29
2.2.1 Teorie di gauge su reticolo	29
<i>Pubblicazioni</i>	30

3 -	FISICA NUCLEARE	31
3.1	DINAMICHE COERENTI NEI NUCLEI.....	31
3.1.1	Collisioni ultrarelativistiche fra ioni pesanti.....	31
3.2	TEORIA DEL NUCLEO COERENTE. NUCLEI CON ALONE.....	31
4 -	FISICA SPERIMENTALE DELLE PARTICELLE ELEMENTARI	32
4.1	ESPERIMENTO ZEUS	32
4.2	PROGETTO DI UN RIVELATORE PER IL FUTURO ANELLO DI COLLISIONEppLHC AL CERN: ATLAS	33
4.3	RICERCA DELLE OSCILLAZIONI DI NEUTRINO ν_μ IN NEUTRINO τ CON L'ESPERIMENTO NOMAD	34
	<i>Pubblicazioni</i>	35
5 -	FISICA DELLE SUPERFICI	38
5.1	SPETTROSCOPIA ELETTRONICA DI SUPERFICIE (SPES)	38
5.1.1	Proprietà elettroniche e strutturali	38
5.1.2	Proprietà elettroniche e vibrazionali di nanotubi di carbonio	38
5.1.3	Studi vibrazionali di K, O e CO sulla superficie di Ni (111).....	39
5.1.4	Manganiti	39
5.1.5	Idruri metallici.....	39
5.1.6	Assorbimento di idrogeno per via elettrochimica	39
5.1.7	Studi strutturali.....	39
5.2	INTERAZIONE IONI-SUPERFICI (IIS)	40
5.3	FISICA TEORICA DI STRUTTURA DELLA MATERIA.....	40
5.3.1	Trasporto e riflessione di ioni	40
5.3.2	Meccanismo di doppio trasferimento di carica risonante nel fenomeno dello Sputtering	41
5.3.3	Singularità di Fermi negli spettri di fotoemissione -. Effetti di temperatura in un Gas di elettroni	41
5.3.4	Distribuzione in energia degli elettroni emessi da un metallo in seguito a scambi elettronici a due corpi (effetto Auger).....	42
	<i>Pubblicazioni</i>	43
6 -	FISICA MOLECOLARE	45
6.1	NUOVI CRISTALLI LIQUIDI APOLARI, FERROELETTRICI E METALLORGANICI. INSTABILITA' ELETTROCONVETTIVE IN FLUIDI COMPLESSI. INTERAZIONI CRISTALLI LIQUIDI-CONDUTTORI MISTI. STUDIO DELLA VARIABILITA' SPAZIALE DEGLI SPETTRI RAMAN DEI FILM DI OSSIDO A CONDUZIONE MISTA. ANALISI TERMICA DEI CRISTALLI LIQUIDI.....	45
6.2	SUPERFICI ED INTERFACCE DEI MATERIALI LIQUIDO-CRISTALLINI.....	46
6.3	FOTONICA.....	47
6.3.1	Dinamica non lineare e transizione al caos in cristalli liquidi	47

6.3.2	Effetto fotorifrattivo in materiali liquido-cristallini compositi (DPLC).....	48
6.3.3	Olografia di polarizzazione in PDLC	48
6.3.4	Reticoli orografici in polimeri liquido-cristallini e film di Langmuir-Blodgett	48
6.4	OTTICA NON LINEARE	49
6.4.1	Reticoli di diffrazione in materiali compositi liquido-cristallini stratificati	49
6.4.2	Realizzazione di un prototipo di misuratore di impulsi corti.....	49
6.4.3	Solitoni spaziali in cristalli liquidi nematici	49
	<i>Pubblicazioni</i>	50
7 -	BIOFISICA MOLECOLARE	55
7.1	STUDI SPETTROSCOPICI E DI DINAMICA MOLECOLARE SIMULATA DI METALLO-PROTEINE NATIVE E GENETICAMENTE MUTATE	55
7.1.1	Effetto di ioni caotropici sulla distribuzione dei sottostati conformazionali Dell'amicianina e dell'azurina in forma nativa e senza ponte solfuro.....	55
7.1.2	Sostituzione rame/zinco nell'azurina "wild type" e senza ponte di solfuro: effetto sull'energia libera di folding	56
7.1.3	Introduzione di un legame covalente intramolecolare (-SS-)nell'amicianina ...	56
7.1.4	Moti correlati oltre il nanosecondo nella dinamica molecolare simulata dell'azurina.....	57
7.2	SUPRASTRUTTURE MOLECOLARI LIPIDICHE ED INTERAZIONE CON PROTEINE	57
7.2.1	Interazione di proteine con membrane fosfolipidiche contenenti polimero-liquidi	57
7.2.2	Misure di EPR in regime pulsato (FT-EPR)su membrane fosfolipidiche modello spin labellate	58
7.3	BIOFISICA AMBIENTALE	58
7.3.1	Effetti di metalli pesanti inquinanti ambientali su suprastrutture molecolari lipidiche.....	58
	<i>Pubblicazioni</i>	60

Introduzione

Il Dipartimento di Fisica dell'Università della Calabria è impegnato nei seguenti campi di ricerca:

- 1. Astrofisica*
- 2. Biofisica Molecolare*
- 3. Fisica Ambientale*
- 4. Fisica delle Superfici*
- 5. Fisica Molecolare*
- 6. Fisica Nucleare*
- 7. Fisica delle Alte Energie*
- 8. Fisica Teorica di Alte Energie*
- 9. Fisica Teorica di Struttura della Materia*

Sono istituiti, presso il Dipartimento, una Unità di ricerca dell'Istituto Nazionale per la Fisica della Materia (INFN) e un Gruppo collegato dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), che contribuiscono al potenziamento dei mezzi di ricerca e al necessario coordinamento nazionale.

Per ognuno dei settori di ricerca del Dipartimento elencati sono riportati nella presente relazione l'attività ed i risultati conseguiti nel corso dell'anno accademico 2000/01.

Tali ricerche sono per la quasi totalità condotte in collaborazioni internazionali, mantenendo elevato il livello di competenze e competitività scientifica del Dipartimento.

In particolare, vi è da considerare un inserimento organico del gruppo INFN nelle attività del CERN di Ginevra e ad Amburgo e dell'Unità INFN nelle attività dei sincrotroni di Trieste e Grenoble e delle sorgenti neutroniche di Oxford, Saclay e Grenoble.

Sempre per quello che riguarda gli inserimenti internazionali vi è da considerare che il Dipartimento di Fisica dell'Università della Calabria è sede di diversi nodi di networks europei: Astrofisica del Plasma, Ferro-elettrici, Ottica e Cristalli Liquidi.

L'INFN ha attivato laboratori nei campi della Astrofisica dei Plasmi, della Biofisica, dei Cristalli Liquidi, della Fisica Ambientale e della Fisica delle Superfici e dei Superconduttori. Le ricerche svolte sono parte di progetti Nazionali INFN. Infine, i ricercatori del Dipartimento partecipano in maniera consistente al costituendo Centro di Eccellenza del Miur sul Calcolo ad Alte Prestazioni

L'attività di ricerca è nel contempo affiancata da una attività didattica, che oltre al corso di Laurea in Fisica, al Dottorato di Ricerca in Fisica e al primo Master dell'Università della Calabria (Master in Radioprotezione e Dosimetria) fornisce servizi didattici a circa 20 Corsi di Laurea di quasi tutte le Facoltà dell'Università della Calabria (Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali, Farmacia, Ingegneria e Lettere e Filosofia), per un totale di studenti che annualmente si incrementa di circa 2500 unità. A tutto questo va aggiunto un costante e continuo impegno del Dipartimento e dei suoi ricercatori nelle problematiche legate al territorio, dalla Didattica della Fisica nelle Scuole Superiori alla Sismologia e a diversi aspetti della Fisica Ambientale.

Tutto ciò a fronte di sole 35 unità di personale docente e ricercatore e 17 unità di personale tecnico e di una situazione finanziaria delle Università non certo rosea.

*Il Direttore
Prof. Giovanni Falcone*

ORGANI DEL DIPARTIMENTO

Direttore:

Giovanni FALCONE

Giunta:

Lorenzo CAPUTI, Ernesto LAMANNA, Luigi PAPAGNO, Luigi SPORTELLI,
Michele CAMARCA, Vincenzo CARBONE, Alessandro PAPA,
Nicola SCARAMUZZA

Consiglio di Dipartimento:

11 Professori Ordinari

19 Professori Associati

5 Ricercatori

9 Rappresentanti dei Dottorandi di Ricerca

9 Rappresentanti del Personale Tecnico ed Amministrativo

Segretario Amministrativo:

Giocondo PERRI

PROFESSORI DI RUOLO

Proff. Ordinari

1. Roberto BARTOLINO	<i>FIS07</i>
2. Gaetano CANNELLI	<i>FIS01</i>
3. Elio COLAVITA	<i>FIS07</i>
4. Giovanni FALCONE	<i>FIS01</i>
5. Antonino OLIVA	<i>FIS01</i>
6. Luigi PAPAGNO	<i>FIS01</i>
7. Guido RUSSO	<i>FIS03</i>
8. Luigi SPORTELLI	<i>FIS07</i>
9. Giancarlo SUSINNO	<i>FIS01</i>
10. Cesare UMETON	<i>FIS01</i>
11. Pierluigi VELTRI	<i>FIS03</i>

Ricercatori

1. Rosa BARTUCCI	<i>FIS07</i>
2. Michele CAMARCA	<i>FIS01</i>
3. Francesco MALARA	<i>FIS07</i>
4. Alessandro PAPA	<i>FIS02</i>
5. Fang XU	<i>FIS01</i>

Proff. Associati

1. Renzo ALZETTA	<i>FIS02</i>
2. Riccardo BARBERI	<i>FIS07</i>
3. Orazio BARRA	<i>FIS01</i>
4. Assunta BONANNO	<i>FIS01</i>
5. Lorenzo CAPUTI	<i>FIS01</i>
6. Vincenzo CARBONE	<i>FIS03</i>
7. Enzo CAZZANELLI	<i>FIS03</i>
8. Gabriella CIPPARRONE	<i>FIS03</i>
9. Gennaro CHIARELLO	<i>FIS07</i>
10. Giovanni CROSETTI	<i>FIS01</i>
11. Roberto FIORE	<i>FIS02</i>
12. Ernesto LAMANNA	<i>FIS04</i>
13. Laura LA ROTONDA	<i>FIS01</i>
14. Francesco PIPERNO	<i>FIS03</i>
15. Nicola SCARAMUZZA	<i>FIS07</i>
16. Marco SCHIOPPA	<i>FIS01</i>
17. Carlo VERSACE	<i>FIS01</i>
18. Galileo VIOLINI	<i>FIS02</i>
19. Gaetano ZIMBARDO	<i>FIS06</i>

DOTTORANDI

(XIV Ciclo)

1. Tommaso CARUSO
2. Daniela CUCE'
3. Antonella GRECO
4. Anna MASTROBERARDINO
5. Graziano MILETO
6. Luca PAPALINO
7. Luca SORRISO-VALVO
8. Damiano TARANTINO
9. Raffaele VENA

(XV Ciclo)

1. Pasquale BARONE
2. Vincenzo BRUNO
3. Giovanni CARBONE
4. Francesca CASTROVILLARI
5. Fabio LEPRETI
6. Daniela PACILE'
7. Pasquale PAGLIUSI
8. Bruno RIZZUTI
9. Grazia RUSSO
10. Bruno ZAPPONE

ASSEGNISTI

1. Marcella CAPUA
2. Anna CUPOLILLO
3. Luigi FORLANO
4. Rita GUZZI
5. Giuseppe LIBERTI
6. Pierre POMMOIS
7. Leonardo PRIMAVERA
8. Pierfrancesco RICCARDI
9. Antonio SINDONA
10. Giuseppe STRANGI

POST-DOC

1. Maria IOVANE
2. Angelo QUARTAROLO

PERSONALE TECNICO ED AMMINISTRATIVO

Amministrazione

1. Giocondo PERRI (Segretario Amministrativo)
2. Gaspare PECORA (Segretario Amministrativo sostituto)
3. Lidia MAIDA

Segreteria

4. Luigina DE ROSE
5. Luigi PARISE

Biblioteca

6. Manlio RENZELLI
7. Angela TROMBINO (Responsabile)

Laboratori Didattici

8. Mario LOMBARDI
9. Giovanni VIAPIANA (Responsabile)

Strutture di Calcolo

10. Nicola GUARRACINO (Responsabile)
11. Fedele STABILE

Laboratori di ricerca

Fisica e Biofisica Molecolare

12. Bruno DE NARDO (Responsabile)
13. Carmine PRETE

Interazione Ioni-Materia e Spettroscopia Elettronica di Superficie

14. Eugenio LI PRETI (Responsabile)
15. Vito FABIO

Alte Energie

16. Francesco SCIOMMARELLA
17. Francesco PELLEGRINO

Il Dipartimento di Fisica ospita una sezione distaccata dell'INFN con il seguente personale:
Sonia VIVONA (Funzionario Amministrativo - INFN distaccato)
Antonio BOZZARELLO (Collaboratore Amministrativo)

Elenco dei numeri telefonici interni del Dipartimento

(per chi telefona da fuori sede, anteporre 0984-49)

INTERNET: @FIS.UNICAL.IT
HTTP: WWW.FIS.UNICAL.IT
FAX: 4401

ALZETTA Renzo	6028	PECORA Gaspare	6005
BARBERI Riccardo	6118-6150	PELLEGRINO Francesco	6102-6098
BARRA Orazio	6171	PERRI Giocondo	6004
BARTOLINO Roberto	6122	PIPERNO Franco	6058
BARTUCCI Rosina	6074-6073	PRETE Carmine	6142
BONANNO Assunta	6170-6178	RENZELLI Manlio	6009
BOZZARELLO Antonio	6008	RUSSO Guido	6128
CAMARCA Michele	6172-6178	SCARAMUZZA Nicola	6113-6151
CANNELLI Gaetano	6155	SCHIOPPA Marco	6017-6104
CAPUTI Lorenzo	6154-6173	SCIOMMARELLA Francesco	6011
CARBONE Vincenzo	6131-6033	SPORTELLI Luigi	6076-6073
CAZZANELLI Enzo	6114-6142	STABILE Fedele	6027
CHIARELLO Gennaro	6157-6174	SUSINNO Giancarlo	6016-6104
CIPPARRONE Gabriella	6115-6148	UMETON Cesare	6117-6152
COLAVITA Elio	6156-6174	VELTRI Pierluigi	6136-6033
CROSETTI Giovanni	6021	VERSACE Carlo	6116-6147
DE NARDO Bruno	6111-6106	VIAPIANA Giovanni	6053
DE ROSE Luigina	6001	VIOLINI Galileo	6024
FABIO Vito	6076-6166	VIVONA Sonia	6007
FALCONE Giovanni	6057	XU Fang	6168-6178
IORE Roberto	6018	ZIMBARDO Gaetano	6134-6033
GUARRACINO Nicola	6030		
LA ROTONDA Laura	6014-6102		
LAMANNA Ernesto	6020-6103	<i>Servizio calcolo e reti</i>	6035
LI PRETI Eugenio	6179-6165	<i>Lab. Fisica Medica</i>	6068
LOMBARDI Mario	6083	<i>Lab. Numerico Plasmi Astrofisici</i>	6033
MAIDA Lidia	6006	<i>Lab. Interazione Ioni-Materia</i>	6178
MALARA Francesco	6135-6033	<i>Lab. Spettroscopia Elettronica</i>	6174
OLIVA Antonino	6167-6178	<i>Lab. Biofisica</i>	6073
PAPA Alessandro	6015	<i>Lab. Fisica Molecolare</i>	6151
PAPAGNO Luigi	6158-6174	<i>Lab. Fisica Nucleare</i>	6104
PARISE Luigi	6002	<i>Lab. Ottica</i>	6152
		<i>Lab. Alte Energie</i>	6104
		<i>Officina</i>	6006

SEMINARI (2001)

11-1-2001

Comportamento vetroso di nematici disordinati

Prof. T. Bellini, Dipartimento di Fisica , Politecnico di Milano

28-2-2001

Effetti biologici delle radiazioni ionizzanti

Dr. Mario Veltri, Ospedale Civile “Annunziata” di Cosenza

4-6-2001

Enrico Fermi fenomenologo

Prof. Carlo .Bernardini:

5-6-2001

Introduzione all'astrodinamica

Dr. V. Banfi – Milano

5-6-2001

Dinamica dell'interazione di gas con superfici con difetti ben definiti

Prof. Mario Rocca, Dip. Fisica, Università di Genova

03-07-2001

Engineering Nitrite Reductase for electrode linkin

Prof. Martin Ph. Verbeet (Università di Leiden - Olanda)

23-7-2001

Leggi di scala nei records del mondo di atletica leggera

Dott.ssa Sandra Savaglio

25-07-2001

Laser induced director oscillations in nematics

Dr. Gabor Demeter

16-10-2001

Electron spin resonance spectroscopy. Fundamentals

Prof. Derek Marsh , Max-Planck-Institut fur Biophysikalisch

17-10-2001

Spin label electron spin resonance. Applications t

Prof. Derek Marsh , Max-Planck-Institut fur Biophysikalisch

2-3-4/11/ 2001

Teorie di gauge a temperatura e densità finite

Dott.ssa Maria Paola Lombardo , (INFN - Trento)

7-11-2001

Fenomeni critici in sistemi di spin in tre dimensioni.

Dott. Massimo Campostrini , (INFN - Sezione di Pisa)

14-11-2001

Il diagramma di fase del modello di Ising in 3D, con applicazioni alle teorie di gauge

Dott. Paolo Provero, Dip. di Scienze e Tecnologie Avanzate, Università del Piemonte Orientale & INFN - Sezione di Torino

23-11-2001

Top quark threshold production in polarized photon-photon collisions

Dott. Maxim Kotsky (INFN - Cosenza)

17-12-2001

Quantum fields in the Randall-Sundrum brane model

Dott. Antonino Flachi (Univ. of Newcastle)

17-12-2001

Electron Spin Echo Envelope Modulation in the study of biological systems: the experiment

Dott. Luigi Bubacco, Università di Padova

18-12-2001

Electron Spin Echo Envelope Modulation in the study of biological systems: role in structural biology

Dott. Luigi Bubacco, Università di Padova

TESI DI LAUREA ANNO SOLARE 2001

Seduta del 2.02.2001

1. Manuela PANTUSA *Studio spettroscopico dell'interazione tra leptoni stabilizzati stericamente e albumina umana*
RELATORE: prof. Luigi SPORTELLI

Seduta del 22.03.2001

2. Evelin MEONI *Studio delle proprietà di drift delle camere di precisione dell'esperimento ATLAS tramite misure su fascio al CERN e realizzazione di un tracciato per raggi cosmici*
RELATORE: prof. Giancarlo SUSINNO

3. Gianfranco PARISE *Dinamica della transizione DSM-1 \leftrightarrow DSM-2 in cristalli liquidi nematici*
RELATORE: prof. Carlo VERSACE

4. Marco ONOFRI *Instabilità resistiva in geometria piana: un metodo numerico di soluzione*
RELATORE: prof. Pierluigi VELTRI

5. Francesco VALENTINI *Evoluzione non lineare di modi elettrostatici in un campo magnetico: un codice Vlasov*
RELATORE: prof. Pierluigi VELTRI

Seduta del 14.05.2001

6. Antonina DI NAPOLI *Tecniche elettrotiche per il telerilevamento ambientale*
RELATORE: prof. Carlo BELLECCI

7. Daniela STRANGIS *Una analisi statistica del mezzo interstellare*
RELATORE: prof. Vincenzo CARBONE

Seduta del 17.07.2001

8. Giuseppe AVOLIO *L'esperimento ATLAS per la ricerca del Bosone di Higgs: metodi di controllo nella misura di alta precisione delle coordinate spaziali e sviluppo e test del sistema di acquisizione dati*
RELATORE: prof. Giancarlo SUSINNO

9. Maria Chiara FERRARO *Monitoraggio di parametri ambientali con tecniche laser*
RELATORE: prof. Carlo BELLECCI

10. Leonardo DE LEO *Metodi elettro-ottici per l'ambiente*
RELATORE: prof. Carlo BELLECCI

11. Mafalda DE ZARLO *Un'analisi statistica dei brillamenti solari*
RELATORE: prof. Pierluigi VELTRI

Seduta del 23.10.2001

12. Rosita DE BARTOLO *Predicibilità degli stati asintotici ottenuti come soluzione delle equazioni MHD in configurazione bidimensionale*
RELATORE: prof. Vincenzo CARBONE
13. Antonio VECCHIO *Un metodo innovativo per l'analisi dei modi-p e della granulazione solare: risultati dei dati del telescopio Themis*
RELATORE: prof. Vincenzo CARBONE
14. Luigi DE BIASI *Analisi delle esigenze di laureati in fisica nei servizi sanitari calabresi e formazione richiesta*
RELATORE: prof. Ernesto LAMANNA
15. Antonio PRINCIPE *Vertice efficace Quark-Gluone-Reggeone all'ordine 1-loop*
RELATORE: Dr. Alessandro PAPA
16. Emilio FERRARO *Monitoraggio automatico del sistema di produzione dei tubi MDT per la camera a muoni dell'esperimento ATLAS*
RELATORE: prof. Ernesto LAMANNA

TESI DI DOTTORATO ANNO 2001 (XIV Ciclo)

1. Antonella GRECO *Particle Transport Processes in Astrophysical Plasmas*
SUPERVISORE: prof. Pierluigi VELTRI
2. Luca SORRISO VALVO *Intermittency in Plasma Turbulence;*
SUPERVISORE: prof. Vincenzo CARBONE
3. Daniela CUCÉ *Ottimizzazione di un Sistema Avanzato per Radioterapia Intraoperatoria;*
SUPERVISORE: prof. Ernesto LAMANNA
4. Anna MASTROBERARDINO *Azimuthal Asymmetries in Diffractive Deep Inelastic Scattering*
SUPERVISORE: prof. Giancarlo SUSINNO
5. Luca PAPALINO *Caratterizzazione di Film a Conduzione Mista (ionica ed elettronica) Usati nei Dispositivi Elettrocronici, Mediante Microscopia Raman;*
SUPERVISORE: prof. Enzo CAZZANELLI
6. Tommaso CARUSO *Chemical Physics Characterization of Materials for energy Storage Systems (Polymer Electrolytes and Nanostructured Carbon Aggregates);*
SUPERVISORE: prof. Elio COLAVITA
7. Damiano TARANTINO *Halo Nuclei: Li I*
SUPERVISORE: prof. Renzo ALZETTA

CONGRESSI E CONVEGNI ANNO 2001

XXI Congresso Nazionale di storia della Fisica e dell'Astronomia,
Rende (CS), 6-8 Giugno 2001

ORCHIS, Optical Research of Chiral Systems
Cetraro (CS) 17-20 Maggio 2001

NOMA, Novel Optical materials and Applications
Cetraro (CS), 21-25 Maggio 2001

1 ASTROFISICA

Professori e

Ricercatori: Pierluigi Veltri
Francesco Malara
Vincenzo Carbone
Gaetano Zimbardo

Assegnisti Leonardo Primavera
Pierre Pommois
Antonella Greco
Luca Sorriso-Valvo

Dottorandi Fabio Lepreti
Marco Onofri
Francesco Valentini
Antonio Vecchio

Collaboratori: R. Bruno (*IFSI - CNR, Frascati*)
F. Berrilli (*Università "Tor Vergata", Roma*)
G. Consolini (*IFSI - CNR, Frascati*)
V. Antoni et al. (*Consorzio RFX – CNR, Padova*)
A. Vulpiani (*Università "La Sapienza", Roma*)
G. Boffetta (*Università di Torino*)
S. Savaglio (*Osservatorio Astronomico di Monteporzio, Roma*)
A. Taktakishvili (*Abastumani Observatory, Tbilisi, Georgia*)
A. Milovanov (*Space Research Institute, Mosca, Russia*)
L. Zelenyi (*Space Research Institute, Mosca, Russia*)
V. Abramenko (*Crimean Astrophysical Observatory, Ukraina*)
V. Yurchyshyn (*Big Bear Observatory, Big Bear City, CA, USA*)

Premessa

La ricerca in Astrofisica nel Dipartimento di Fisica dell'Università della Calabria è soprattutto orientata verso lo studio dei plasmi. La maggior parte, infatti, della materia interplanetaria e dell'atmosfera solare è costituita da plasma, per questo motivo molti dei dati forniti dalle missioni spaziali, o provenienti dagli osservatori solari, possono essere interpretati solo nell'ambito della fisica del plasma. Molto spesso inoltre in questo ambito, gli stessi dati, oltre a permettere la costruzione di modelli per la comprensione dei fenomeni astrofisici, hanno rappresentato un potente mezzo di indagine che ha spesso fornito nuove chiavi di lettura dei fenomeni della fisica fondamentale. Ciò ha permesso di utilizzare lo spazio interplanetario come un immenso laboratorio in cui portare a termine esperienze non realizzabili nei laboratori terrestri. D'altro canto, l'uso di analoghe tecniche di analisi su misure spaziali e misure effettuate nei plasmi di laboratorio, permette di confrontare i fenomeni fisici di base che avvengono su scale spaziali nettamente diverse e di contribuire alla comprensione di tali fenomeni, estremamente rilevanti sia in connessione con il problema della fusione termonucleare controllata, sia nella prospettiva di applicazioni ai plasmi di tipo più propriamente industriale.

Il gruppo di Plasmi astrofisici dell'Università della Calabria si è occupato di problemi di questo tipo, in collaborazione con gruppi localizzati in diverse università italiane (Firenze, Roma) e con istituzioni italiane (IFSI; CNR di Frascati; RFX; CNR di Padova) ed estere

(Observatoire de Paris-Meudon; Space Research Institute, Mosca; Crimean Astrophysical Observatory, Ukraina). I temi particolari che sono stati oggetto di studio nel corso del 2000 sono indicati nel seguito.

1.1 I PLASMI IN ASTROFISICA

1.1.1 Onde e turbolenza magnetoidrodinamiche nell'atmosfera solare e nel vento solare

Analisi statistica delle fluttuazioni magnetiche e di velocità nella fotosfera solare

Lo studio dei campi di velocità fotosferici 2D, osservati dallo strumento italiano IMP, montato sul telescopio solare THEMIS ha permesso di caratterizzare il comportamento multifrattale del campo di velocità a diverse altezze nella fotosfera, nonché del campo di dissipazione delle fluttuazioni di intensità. L'analisi dei dati di campo magnetico 3D ottenuti dal Huairou videomagnetografo del Beijing Astronomical Observatory ha inoltre permesso di ottenere informazioni sui cambiamenti topologici del campo magnetico alla base della fotosfera, connessi con i brillamenti nella corona solare, ed informazioni sulla stocasticità dell'attività solare

E' inoltre stata messa a punto una nuova tecnica di analisi dati, di tipo POD (Proper Orthogonal Decomposition), per mettere in evidenza la competizione fra la presenza di strutture granulari convettive e le oscillazioni solari proprie.

Dissipazione di onde di Alfvén in strutture coronali 3D

Nelle regioni coronali di campo magnetico aperte la propagazione di onde di Alfvén, sulle strutture disomogenee della corona, in presenza di linee di forza caotiche, può dare origine alla produzione di piccole scale ed alla conseguente dissipazione di energia. Questa produzione avviene con una legge esponenziale nel tempo. Negli anni scorsi era stato messo in evidenza, utilizzando modelli numerici, come nelle strutture magnetiche complesse, la dissipazione delle onde di Alfvén fosse determinata non solo dal meccanismo di phase-mixing, ma anche dallo stiramento delle fluttuazioni prodotto dalla separazione esponenziale delle linee di forza.

Nell'ultimo anno è stata costruita una struttura di campo magnetico force-free, che riproduce le strutture magnetiche coronali, e si sono identificati i valori dei parametri per cui le linee di forza diventano caotiche.

Modelli multishell in MHD ridotta e analisi statistica dei brillamenti solari

L'analisi statistica dei tempi di attesa tra i brillamenti solari ha mostrato che i modelli di tipo SOC non riescono a spiegare alcune delle proprietà osservate, mentre le stesse proprietà sono in accordo con i risultati di simulazioni ottenute con i modelli a shell, per la turbolenza MHD. E' stato quindi costruito un modello a "guscio" per simulare la cascata non lineare di energia nei piani perpendicolari al campo magnetico medio in approssimazione MHD ridotta. L'analisi statistica della distribuzione spazio temporale dell'energia dissipata dovrebbe fornire dati e parametri da paragonare con quelli derivati dalle osservazioni di rilascio violento di energia in corona.

Instabilità parametrica in un plasma in espansione

Le osservazioni spaziali, non solo quelle realizzate dalla sonda Ulysses ma anche quelle nella eliosfera interna realizzate dalla sonda Helios, mostrano che man mano che ci si allontana dal sole, anche le onde di Alfvén che viaggiano nel vento veloce perdono le loro caratteristiche di alfvénicità mentre lo spettro delle fluttuazioni evolve. Abbiamo quindi studiato numericamente l'evoluzione nonlineare dell'instabilità parametrica, partendo da uno spettro iniziale di onde di Alfvén a larga banda, come si può supporre essere quello del vento solare. Abbiamo trovato che il livello di saturazione dell'instabilità è più basso all'aumentare del beta del plasma. La cascata inversa di onde di Alfvén che si propagano all'indietro, dà origine ad uno spettro che presenta le caratteristiche principali di quello osservato nel vento solare nei getti veloci.

Proprietà statistiche della turbolenza MHD a differenti distanze eliocentriche

In collaborazione con ricercatori dell'Istituto di Fisica dello spazio interplanetario del CNR di Frascati, abbiamo studiato la turbolenza MHD nel vento solare, ed in particolare ne abbiamo messo in luce i fenomeni di intermittenza ed abbiamo determinato la natura delle strutture coerenti a piccola scala, responsabili della presenza di leggi di scala multifrattali.

Intermittenza temporale nei modelli a guscio

Modelli semplificati sono importanti per studiare le caratteristiche fondamentali della turbolenza. Questi modelli chiamati "modelli a guscio" hanno in comune con le equazioni originali solo le leggi di conservazione, mentre la cascata di energia è modellata introducendo un insieme discreto di modi nello spazio di Fourier. Lo studio dell'intermittenza temporale di un nuovo modello a guscio per la turbolenza MHD ed il confronto con la statistica delle emissioni HXR dalla corona solare, ha permesso di ipotizzare che il meccanismo di rilascio di energia durante i nanoflares sia connesso all'intermittenza della turbolenza MHD presente nelle regioni attive della corona, piuttosto che a meccanismi del tipo "pila di sabbia".

Spettro e struttura della turbolenza generata nelle instabilità di riconnessione

Nello strato di corrente della coda magnetica terrestre, ma anche nello strato di corrente di una macchina a plasma come l'RFX è stata identificata un livello di turbolenza più alto rispetto alle regioni circostanti. L'origine di questa turbolenza è probabilmente l'instabilità di tearing che si sviluppa in presenza di una inversione di polarità del campo magnetico. Nel primo anno del progetto sono stati messi a punto: un codice lineare per studiare le caratteristiche delle instabilità resistive in geometria cartesiana 3D e un codice periodico in due direzioni ed alle differenze compatte nella terza per studiare l'evoluzione non lineare delle stesse instabilità e lo svilupparsi della turbolenza.

1.1.2 Processi di trasporto normale e anomala nell'eliosfera

Diffusione di particelle cariche di alta energia nel vento solare

L'approccio usuale nell'analisi di della diffusione in presenza di turbolenza magnetica è basato sulla teoria quasi-lineare e sull'ipotesi di isotropia dello spettro delle fluttuazioni magnetiche. Poiché la turbolenza magnetica nell'eliosfera è fortemente non lineare e anisotropa, abbiamo valutato i coefficienti di diffusione e le relative leggi di scala facendo un uso intensivo delle simulazione numeriche. E' stato inoltre messo a punto un codice Monte Carlo che valuta il trasporto dovuto alla turbolenza magnetica tenendo conto della variazione del campo magnetico eliosferico a grande scala, esprimendo i termini random della simulazione come un processo di Wiener che riproduca i coefficienti di diffusione già

valutati. Il codice è stato usato per spiegare le osservazioni a grandi latitudini solari di particelle energetiche al cui sorgente è localizzata nel piano dell'ecclittica. Lo stesso codice è stato applicato per descrivere la propagazione di protoni energetici, accelerati nei brillamenti solari, verso la magnetosfera terrestre.

Diffusione anomala nella magnetosfera terrestre

Nei processi di trasporto nella coda magnetica terrestre e attraverso la magnetopausa sono spesso presenti fenomeni di diffusione anomala. Ciò è dovuto al fatto che la turbolenza magnetica è concentrata negli strati di corrente che separano campi magnetici con direzioni opposte. Ai margini dello strato di corrente il livello di fluttuazioni è basso e quindi è basso anche il livello di caos, con proprietà del cammino aleatorio descritte dalla statistica di Levy piuttosto che da quella Gaussiana. Le proprietà statistiche del moto al variare del livello di turbolenza magnetica e del campo magnetico normale sono state studiate, utilizzando una simulazione numerica della coda magnetica terrestre che include le fluttuazioni magnetiche.

Processi di trasporto nella zona di transizione del sole

Nella zona di transizione solare si passa da un regime completamente collisionale (in fotosfera) ad un regime non collisionale (in corona). Per studiare i processi di trasporto in queste condizioni è stato sviluppato un nuovo codice numerico di tipo Montecarlo che risolve in maniera iterativa l'equazione di Boltzmann e permette di calcolare l'evoluzione della funzione di distribuzione degli elettroni e di valutarne gli spostamenti rispetto alla maxwelliana. Il codice ha permesso di costruire un nuovo modello della zona di transizione del sole.

1.2 I PLASMI DI LABORATORIO

1.2.1 Intermittenza nella turbolenza di bordo del RFX

L'analisi dati del vento solare ha mostrato che la turbolenza MHD è caratterizzata da leggi di scala anomale, che sono state attribuite all'intermittenza. Abbiamo studiato le caratteristiche dell'intermittenza e le leggi di scala anomale in turbolenza MHD usando nuovi metodi (trasformate di wavelets, Auto-Similarità Estesa, funzioni di struttura condizionate, funzioni di distribuzione di probabilità) nell'analisi dei dati ottenuti nelle esperienze spaziali ISEE ed Helios, e dati del campo geomagnetico. Abbiamo mostrato in particolare che l'intermittenza può modificare i parametri che caratterizzano l'anisotropia della turbolenza nel vento solare. L'uso delle stesse tecniche per caratterizzare la turbolenza MHD generata al bordo di una macchina a plasma (l'RFX di Padova) ed in simulazioni numeriche, ha permesso non solo di sottolineare l'universalità della fenomenologia della turbolenza, ma anche di capire meglio il comportamento non lineare della macchina.

A PUBBLICAZIONI SU RIVISTE

A.1 Pubblicazioni su riviste internazionali

A.1.1 Pubblicazioni su riviste internazionali stampate nel 2001

1. Sorriso-Valvo L., Giuliani P., Carbone V., Veltri P., Bruno R., Antoni V., Martines E., *Intermittency in plasmas*, Planetary Space Sciences, 49, 1193-1200 (2001).
2. Lepreti F., Carbone V., Veltri P., *Solar flare waiting time distribution: varying-rate Poisson or Levy function?*, Astrophysical Journal, 555, L133-L136 (2001).
3. Lepreti F., *Anomalous scaling laws of intensity fluctuations in the solar photosphere*, Astronomy and Astrophysics, 378, 247-250 (2001).
4. Malara F., Primavera L., Veltri P., *Nonlinear evolution of the parametric instability: numerical predictions versus observations in the heliosphere*, Nonlinear Processes in Geophysics, 8, 159-166 (2001).
5. Antoni V., Carbone V., Martines E., Regnoli G., Serianni G., Vianello N., Veltri P., *Electrostatic turbulence intermittency and MHD relaxation phenomena in a RFP plasma*, Europhys. Lett., 54, 51-57 (2001).
6. Spada E., Carbone V., Cavazzana R., Fattorini L., Regnoli G., Vianello N., Antoni V., Martines E., Serianni G., Spolaore M., Tramontin L., *Search of Self-Organized Criticality processes in magnetically confined plasmas: hints from the Reversed Field Pinch configuration*, Phys. Rev. Lett., 86, 3032-3035 (2001).
7. Carbone V., Savaglio S., *Scaling and forecasting in athletic world records*, Journal of Sport Science, 19, 477-484 (2001).
8. Antoni V., Carbone V., Cavazzana R., Regnoli G., Vianello N., Spada E., Fattorini L., Martines E., Serianni G., Spolaore M., Tramontin L., Veltri P., *Transport processes in Reversed-Field-Pinch plasmas: inconsistency with the Self Organized Criticality paradigm*, Phys. Rev. Lett., 87, 045001-4, (2001).
9. Kovács P., Carbone V., Voros Z., *Wavelet-based filtering of intermittent events from geomagnetic time-series*, Planetary and Space Science, 49, 1219-1231 (2001).
10. Bruno R., Carbone V., Veltri P., Pietropaolo E., Bavassano B., *Identifying intermittency events in the solar wind*, Planetary and Space Science, 49, 1201-1210 (2001).
11. Greco A., Zimbardo G., Veltri P., Taktakishvili A. L., Zelenyi L. M., *Non gaussian and non local transport in the Earth's distant magnetotail*, Astrophys. Space Sci., 277, 35-38 (2001).
12. Milovanov A. V., Zelenyi L. M., Veltri P., Zimbardo G., Taktakishvili A. L., *Geometric description of the magnetic field and plasma coupling in the near-Earth stretched tail prior to a substorm*, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 63, 705-721 (2001).

13. Taktakishvili A. L., Greco A., Veltri P., Zimbardo G., Milovanov A. V., Zeleny L. M., *Magnetic turbulence and ion dynamics in the magnetotail*, *Astrophys. Space Sci.*, 277, 71-79 (2001).
14. Zimbardo G., Pommois P., Veltri P., *Magnetic field line transport in the heliosphere and energetic particle propagation from corotating interaction regions to high heliographic latitudes*, *Astrophys. Space Sci.*, 277, 97-100, (2001).
15. Milovanov A. V., Zelenyi L. M., Zimbardo G., Veltri P., *Self-organized branching of magnetotail current systems near the percolation threshold*, *J. Geophys. Res.*, 106, 6291 - 6307 (2001).
16. Zimbardo G., Pommois P., Veltri P., *Predictions for the propagation of energetic particles from the Sun to the Earth: Influence of the magnetic turbulence*, *Phys. Chem. Earth*, 26, 595-599 (2001).
17. Pommois P., Veltri P., Zimbardo G., *Field line diffusion in the solar wind magnetic turbulence and energetic particle propagation across heliographic latitudes*, *J. Geophys. Res.*, 106, 24965-8 (2001).
18. Zimbardo G., Veltri P., Pommois P., *Magnetic field line transport in anisotropic magnetic turbulence: anomalous, quasilinear and percolative regimes versus the Kubo number*, *Astrophys. Space Sci.*, 277, 101, (2001).
19. Pommois P., Veltri P., Zimbardo G., *Kubo number and magnetic field line diffusion coefficient for anisotropic magnetic turbulence*, *Phys. Rev. E*, 63, 066405 (2001)
20. Pommois P., Zimbardo G., Veltri P., *A Monte Carlo simulation for magnetic field line tracing in the solar wind magnetic turbulence*, *Nonlinear Processes in Geophysics*, in 151-157 (2001).

A.1.2 Pubblicazioni su riviste internazionali accettate nel 2001

1. Sorriso-Valvo L., Carbone V., Noullez A., Politano H., Pouquet A., Veltri P., *Analysis of cancellation exponents in two-dimensional MHD turbulence*, *Phys. Plasmas*, 9, 89-95 (2002).
2. Berrilli F., Consolini G., Pietropaolo E., Caccin B., Penza V., Lepreti F., *2D multiline spectroscopy of solar photosphere*, *Astronomy and Astrophysics*, 381, 253-264 (2002).
3. Carbone V., Lepreti F., Primavera L., Pietropaolo E., Berrilli F., Consolini G., Alfonsi G., Bavassano B., Bruno R., Vecchio A., Veltri P., *An analysis of the vertical photospheric velocity field as observed by THEMIS*, *Astronomy and Astrophysics*, 381, 265-270 (2002).

B MEMORIE (Proceedings estesi degli Atti di Congresso o capitoli di libri)

B.1 Memorie Internazionali

B.1.1 Memorie pubblicate su Atti di Congressi Internazionali nel 2001

1. Zimbardo G., *Solar wind magnetohydrodynamic turbulence*, Proceedings of the International School of Space Science “Sun – Earth Connection and Space Weather”, L'Aquila, 30 agosto – 8 settembre 2000, ed. M. Candidi, M. Storini, U. Villante, SIF, Bologna, p. 85-99 (2001).
2. Zimbardo G., Pommois P., Veltri P., Greco A., *Magnetic turbulence in the heliosphere and magnetic connection from the Sun to the Earth*, Proceedings of the first Solar Orbiter Workshop “Solar Encounter”, Puerto de la Cruz, Tenerife, 14 – 18 maggio 2001, ESA SP-493, p. 433-437 (2001).
3. Malara F., Velli M., *Observations and Models of Coronal Heating*, Proceedings of IAU Symposium No. 203: “Recent Insights into the Physics of the Sun and Heliosphere: Highlights from SOHO and other Space Missions”, Manchester, 7-11 August 2000, P. Brekke, B. Fleck, J. B. Gurman Eds., The Astronomical Society of the Pacific, p. 456-466, (2001).
4. Malara F., Primavera L., Veltri P., *Parametric instability of a broad-band Alfvén wave: nonlinear evolution and saturation*, Proceedings of IAU Symposium No. 203: “Recent Insights into the Physics of the Sun and Heliosphere: Highlights from SOHO and other Space Missions”, Manchester, 7-11 August 2000, P. Brekke, B. Fleck, J. B. Gurman Eds., The Astronomical Society of the Pacific, p. 511-513, (2001).

B.1.2 Memorie accettate su Atti di Congressi Internazionali nel 2001

1. Lepreti F., Carbone V., Veltri P., *An analysis of the solar flare waiting time distribution*, SOLSPA 2001 Euroconference Solar Cycle and Space Weather, Vico Equense (NA), 25-28 Settembre 2001, H. Sawaya-Lacoste, Ed., ESA Publications Division, in press.
2. Malara F., Primavera L., Veltri P., *Parametric instability of Alfvénic fluctuations in high-latitude solar wind*, SOLSPA 2001 Euroconference Solar Cycle and Space Weather, Vico Equense (NA), 25-28 Settembre 2001, H. Sawaya-Lacoste, Ed., ESA Publications Division, in press.
3. Alfonsi G., Primavera L., Passoni G., Restano C., *Proper Orthogonal Decomposition of Turbulent Channel Flow*, Computational Fluid Dynamics 2000: Proceedings of the First International Conference on Computational Fluid Dynamics, ICCFD, Kyoto, Japan, 10-14 July 2000, Satofuka N. (Ed.), Kyoto, Japan, in press.

B.1.3 Memorie pubblicate su Atti di Congressi Nazionali nel 2001

1. Malara F., Primavera L., Veltri P., *Parametric instability of broad-band Alfvénic fluctuation comparison with solar wind observation*, in memorie della Società Astronomica Italiana, vol.72: proceedings of 2nd National Meeting on the Italian Solar

Research, Francia P., Pietropaolo E., Caccin B., Società Astronomica Italiana, Pisa, Italy, pp. 641-644 (2001)

C RELAZIONI SU INVITO

C.1 Relazioni su invito a Congressi Internazionali

1. Zimbardo G., *Anomalous transport*, Workshop Processus non-lineaires dans les plasmas spatiaux, Centre de formation du CNRS, Garchy, Francia, 6-8 giugno 2001.
2. Zimbardo G., *Magnetic turbulence in the solar wind and Sun-Earth magnetic connection*, International Summer School on Atmospheric and Oceanic Sciences "Chaos in Geophysical Flows", L'Aquila, 10-14 September 2001.
3. Sorriso-Valvo L., *Intermittency in plasma turbulence: a PDFs point of view*, IAGA-IASPEI Joint Scientific Assembly 2001, Hanoi (Vietnam), August 2001.

C.2 Relazioni su invito a Congressi Nazionali

1. Carbone V., *Bursty behavior in complex systems: examples from plasma physics*, Conferenza annuale della Società Italiana di Fisica (SIF), Milano 24 – 28 Settembre 2001.

D COMUNICAZIONI A CONGRESSI

D.1 Interventi a Congressi Internazionali

1. Malara F., Primavera L., Veltri P., *Parametric instability of Alfvénic fluctuations in high-latitude solar wind*, SOLSPA 2001 Euroconference Solar Cycle and Space Weather, Vico Equense (NA), 25-28 Settembre 2001.
2. Antoni V., Carbone V., Cavazzana R., Fattorini L., Martines E., Regnoli G., Serianni G., Spada E., Spolaore M., Tramontin L., Vianello N., *Bursty fluctuation events in magnetically confined plasmas: avalanche-like SOC processes or MHD turbulence?*, EPS Madeira, Portugal, June 2001.
3. Carbone V., *Statistical properties of turbulence in plasmas*, INFMeeting – International Conference on the Physics of Matter, Rome 18-22 June 2001.
4. Antoni V., Carbone V., Cavazzana R., Fattorini L., Martines E., Regnoli G., Serianni G., Spada E., Spolore M., Tramontin L., Vianello N., *Intermittency events and turbulence structures at the edge of the RFX experiment*, INFMeeting – International Conference on the Physics of Matter, Rome 18-22 June 2001.
5. Carbone V., Sorriso-Valvo L., Veltri P., Nullez A., Politano H., Pouquet A., Yurchishin V., Abramenko V., *Topological changes of the photospheric magnetic field inside active regions: a prelude to flares*, SOLSPA 2001 Euroconference Solar Cycle and Space Weather, Vico Equense (NA), 25-28 Settembre 2001.

6. Zimbaro G, Pommois P., Veltri P., Greco A., *Magnetic turbulence in the heliosphere and magnetic connection from the Sun to the Earth*, First Solar Orbiter Workshop "Solar Encounter", Puerto de la Cruz, Tenerife, 14 – 18 maggio 2001.
7. Lepreti F., Carbone V., Vecchio A., Berrilli F., Consolini G., Pietropaolo E., *Analysis of the scaling behavior of intensity fluctuations in the solar photosphere from THEMIS-IPM observations*, THEMIS and the New Frontiers of Solar Atmosphere Dynamics, Roma, 19-21 Marzo 2001.
8. Lepreti F., Carbone V., Veltri P., *An analysis of the solar flare waiting time distribution*, SOLSPA 2001 Euroconference "Solar Cycle and Space Weather", Vico Equense (NA), 25-28 Settembre 2001.
9. Lepreti F., Carbone V., Veltri P., *An analysis of the solar flare waiting time distribution*, School on Analysis Techniques for Space Plasma Data, La Londe Le Maures (Francia), 8-13 Ottobre 2001.
10. Zimbaro G., Pommois P., Veltri P., *Magnetic turbulence in the Solar wind and SunEarth magnetic connection*, ISSAOS 2001 "Chaos in Geophysical flows", L'Aquila, Italy 11-14 Settembre 2001.
11. Pommois P., Veltri P., Zimbaro G., *Magnetic field line turbulent diffusion and propagation of solar energetic particles*, SOLSPA 2001 Euroconference: "Solar Cycle and Space Weather", Vico Equense, Italy 25-29 Settembre 2001.
12. Sorriso-Valvo L., Carbone V., Noullez A., Politano H., Pouquet A., Veltri P., *Structures and cancellation exponents in 2D MHD turbulence*, EGS 2001 General Assembly, Nice (France), March 2001.
13. Sorriso-Valvo L., Carbone V., Noullez A., Politano H., Pouquet A., Veltri P., *Analysis of the cancellation exponent in MHD turbulence from 2D numerical simulations*, Workshop "Simulations of magnetohydrodynamic turbulence in astrophysics: recent achievements and perspectives", Paris (France), July 2001.
14. Sorriso-Valvo L., *Intermittency in solar wind turbulence*, School on Analysis Techniques for Space Plasma Data, La Londe Le Maures (Francia), 8-13 Ottobre 2001.
15. Primavera L., Carbone V., Lepreti F., Pietropaolo E., Berrilli F., Consolini G., Alfonsi, G., Bavassano B., Bruno R., Vecchio A., Veltri P., *A POD analysis of vertical photospheric flow observed by THEMIS*, workshop "Simulations of magnetohydrodynamic turbulence in astrophysics: recent achievements and perspectives", Paris (Francia), 2-6 Luglio 2001.
16. Greco A., Veltri P., *The evolution of the electron distribution function in the a weakly collisional plasma: an example of Monte Carlo method*, Round table on Monte Carlo method, Nordwijk, Olanda, Giugno, 2001.

17. Greco A., Taktakshvili S., Zimbardo G., Veltri P., Zelenyi L., *The ion dynamics in the near Earth's magnetotail: the influence of the normal component B_n* , INTAS Workshop on Turbulence in the Magnetotail, Cosenza (Italy), 30-31 October 2001.
18. Sorriso-Valvo L., Carbone V., Noullez A., Politano H., Pouquet A., Veltri P., *Cancellation Analysis and dimension of structures in solar photosphere: a prelude to flares*, INTAS Workshop on Turbulence in the Magnetotail, Cosenza (Italy), 30-31 October 2001.
19. Primavera L., Malara F., Veltri P., *A numerical study of the parametric instability in the solar wind*, INTAS Workshop on Turbulence in the Magnetotail, Cosenza (Italy), 30-31 October 2001.

CONVEGNI ORGANIZZATI

Il gruppo Plasmi Astrofisici ha organizzato l' *INTAS Workshop on Turbulence in the Magnetotail*, che si è tenuto a Cosenza (Italy), dal 30 al 31 Ottobre 2001

2 FISICA TEORICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI

Il lavoro di ricerca del gruppo di Fisica Teorica delle Particelle Elementari si è svolto in collaborazione con altri gruppi teorici universitari nazionali ed esteri. Alcune delle ricerche svolte hanno utilizzato le risorse di calcolo elettronico del Dipartimento e dell'INFN-Gruppo collegato di Cosenza, in particolare per effettuare calcoli numerici, test e simulazioni Monte Carlo di teorie e modelli presi in esame. Le ricerche hanno avuto per oggetto la Cromodinamica Quantistica (QCD) nel limite di alte energie, la fenomenologia dei processi di collisione adronica alle alte energie e lo studio di aspetti non-perturbativi delle teorie di gauge mediante discretizzazione su reticolo spazio-temporale.

L'attività di ricerca del settore si è articolata secondo le seguenti tematiche:

1. Fenomenologia adronica e QCD.
2. Teorie di gauge su reticolo

2.1 FENOMENOLOGIA ADRONICA E QCD

2.1.1 QCD

Ricercatori: Roberto Fiore, Maxim I. Kotsky, Alessandro Papa

Collaboratori: V.S. Fadin, (*Budker Institute for Nuclear Physics
Novosibirsk - Russia*)

Nell'ambito della teoria Balitsky-Fadin-Kuraev-Lipatov (BFKL), è stato calcolato il vertice efficace Reggeone-Reggeone-gluone all'ordine sottodominante per arbitraria dimensione dello spazio-tempo. Esso è importante per la verifica all'ordine sottodominante della condizione di bootstrap sulla Reggeizzazione del gluone. È stato inoltre sviluppato un metodo per il calcolo di vertici efficaci di interazione di gluone e quark Reggeizzato con particelle in QCD all'ordine sottodominante. Il metodo è stato sottoposto a verifica nel caso dei vertici già noti delle transizioni gluone-gluone e quark-quark nella diffusione di gluoni e quark su gluone Reggeizzato. Esso è stato poi usato per il calcolo della transizione gluone-quark nella diffusione sul quark Reggeizzato.

2.1 Fenomenologia adronica

Ricercatori: Roberto Fiore, Alessandro Papa

Collaboratori: F. Pacanoni (*Università di Padova*)
L.L. Jenkovszky, (*Bogoliubov Institute of Theoretical
Physics, Kiev, Ucraina*)
E.A. Kuraev (*Joint Institute of Nuclear Research,
Dubna, Russia*)
A.I. Lengyel (*Institute of Electron Physics, Uzhgorod*)
V.K. Magas (*University of Bergen, Norvegia*)

È stata determinata una traiettoria di Regge non lineare per i numeri quantici della ρ , basata su richieste generali di analiticità e di asintoticità. Questa traiettoria è stata confrontata, nella regione temporale, con le masse e le larghezze delle risonanze mesoniche e, nella regione spaziale, con le predizioni derivanti dalla reazione pione-nucleone. È stata proposta una realizzazione del Pomerone BFKL mediante una somma di "scale di gluoni" con un numero finito di elementi; è stata studiata la compatibilità con i dati sperimentali per le sezioni d'urto protone-protone e antiprotone-protone.

2.1.3 Interazione K-N

Ricercatore: Galileo Violini

Collaboratori: P. Gensini, R. Hurtado (*Università di Perugia*)

Sono state analizzate le interazioni mesone-nucleone a bassa energia mediante le relazioni di dispersione, in particolare nei canali di stranezza $S=-1$.

2.2 TEORIE DI GAUGE SU RETICOLO

2.2.1 Teorie di gauge su reticolo

Ricercatori: Roberto Fiore, Alessandro Papa

Collaboratori: P. Provero (*Università del Piemonte Orientale, Alessandria*)

È stato messo a punto un nuovo metodo per il calcolo degli esponenti critici di teorie di gauge che subiscono una transizione di deconfinamento del secondo ordine. Tale metodo, ispirato dalla congettura di Svetitsky-Yaffe, si basa sullo studio degli effetti di volume finito di semplici operatori su reticolo (ad esempio, la plaquette). Esso è stato applicato per la determinazione accurata dell'esponente critico ν in SU(3) in 2+1 dimensioni ed in SU(2) in 3+1 dimensioni, dando risultati in accordo con le predizioni di universalità..

A PUBBLICAZIONI SU RIVISTE

A.1 Pubblicazioni su riviste internazionali

A.1.1 Pubblicazioni su riviste internazionali stampate nel 2001

1. V.S. Fadin, R. Fiore, A. Papa, *One-loop Reggeon-Reggeon-gluon vertex at arbitrary space-time dimension*, Phys. Rev. D 63 (2001) 034001.
2. V.S. Fadin, R. Fiore, *Calculation of Reggeon vertices in QCD*, Phys. Rev. D64 (2001) 114012.
3. R. Fiore, L.L. Jenkovszky, E.A. Kuraev, A.I. Lengyel, F. Paccanoni, A. Papa, *Finite sum of gluon ladders and high energy cross sections*, Phys. Rev. D 63 (2001) 056010.
4. R. Fiore, L.L. Jenkovszky, V. Magas, F. Paccanoni, A. Papa, *Analytic model of Regge trajectories*, Eur. Phys. J. A 10 (2001) 217.
5. R. Fiore, A. Papa, P. Provero, *Finite-size scaling and the deconfinement transition in gauge theories*, Phys. Rev. D 63 (2001) 117503.

B MEMORIE (Proceedings estesi degli Atti di Congresso o capitoli di libri)

B.1 Memorie Internazionali

B.1.1 Memorie pubblicate su Atti di Congressi Internazionali nel 2001

1. R. Fiore, L.L. Jenkovszky, V. Magas, F. Paccanoni, A. Papa, *Resonance masses and widths from nonlinear Regge trajectories*, Proceedings of the International Workshop "Diffraction 2000", Cetraro, September 2 - 7, 2000, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 99A (2001) 68.
2. R. Fiore, L.L. Jenkovszky, E.A. Kuraev, A.I. Lengyel, F. Paccanoni, A. Papa, *The Pomeron as a finite sum of gluonic ladders: a test in hadron-hadron scattering*, Proceedings of the International Workshop "Diffraction 2000", Cetraro, September 2 - 7, 2000, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 99A (2001) 21.
3. V.S. Fadin, R. Fiore, M.I. Kotsky, A. Papa, *Strong bootstrap conditions for the NLO gluon Reggeization in QCD*, Proceedings of the International Workshop "Diffraction 2000", Cetraro, September 2 - 7, 2000, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 99A (2001) 222.

D COMUNICAZIONI A CONGRESSI

D.1 Interventi a Congressi Internazionali

1. A. Papa, *Recent results in the BFKL theory*, IX "Blois" Workshop on Elastic and Diffractive Scattering, Pruhonice near Prague, June 13, 2001.
2. A. Papa, *Finite size scaling and deconfinement transition in gauge theories*, International Symposium on Lattice Field Theory, "LATTICE 2001", Berlin, August 19 - 24, 2001.

3. FISICA NUCLEARE

Le ricerche di Fisica nucleare hanno riguardato l'applicazione della Teoria del Nucleo Coerente di Giuliano Preparata a due anomalie della Fisica nucleare: la produzione esaltata di dileptoni nelle collisioni fra nuclei pesanti e le proprietà dei nuclei sulla linea di sgocciolamento neutronico.

Ricercatori: R. Alzetta, *professore associato*
G. Liberti, *ricercatore a tempo definito*
D. Tarantino, *dottorando XIV ciclo*
G. Mileto, *dottorando XIV ciclo*
G. Filippelli, *laureando*
R. L. Zaffino, *laureanda*.

3.1 DINAMICHE COERENTI NEI NUCLEI

3.1.1 Collisioni ultrarelativistiche fra ioni pesanti.

Nell'ambito della teoria del Nucleo Coerente e della QED coerente di Giuliano Preparata, abbiamo studiato la produzione esaltata delle coppie leptoniche ($e^+ e^-$) nelle collisioni relativistiche dei nuclei Ca-Ca e C-C recentemente riscontrata nelle misure sperimentali al BEVALAC. Lo studio è ancora in corso.

3.2 TEORIA DEL NUCLEO COERENTE. NUCLEI CON ALONE.

Abbiamo affrontato lo studio dei Nuclei con alone e in particolare del Litio 11. Lo studio si è concluso con risultati soddisfacenti per l'energia di legame dei due neutroni e per la loro distanza dal core, ed è oggetto della Tesi di Dottorato del dr. Damiano Tarantino. È in corso lo studio della dissociazione coulombiana e della correlazione fra i due neutroni dell'alone del Litio 11.

4 FISICA SPERIMENTALE DELLE PARTICELLE ELEMENTARI

La fisica delle particelle elementari si occupa dello studio dei costituenti elementari della materia e delle loro mutue interazioni. La ricerca sperimentale si svolge mediante l'impiego di acceleratori di particelle capaci di innalzare l'energia delle stesse sino ad alcuni TeV e di farle collidere tra di loro o contro dei bersagli fissi, e di rivelatori in grado di riconoscere i prodotti finali dell'interazione.

Le linee di ricerca sulle interazioni fondamentali ad alta energia, alle quali ricercatori del dipartimento partecipano sono:

1. Studio della struttura interna del protone mediante l'interazione profondamente anelastica elettrone-protone all'acceleratore HERA presso il laboratorio Desy di Amburgo con l'esperimento ZEUS;
2. Studio dell'interazione protone-protone all'acceleratore LHC del CERN di Ginevra con l'esperimento ATLAS finalizzato alla ricerca del bosone di Higgs, di particelle super simmetriche, etc.;
3. Studio delle oscillazione $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\tau}$ con l'esperimento a targhetta fissa NOMAD al CERN di Ginevra per determinare l'esistenza di neutrini massivi.

4.1 ESPERIMENTO ZEUS

Ricercatori: M. Capua
A. Mastroberardino
M. Schioppa
G. Susinno
Tecnici: F. Pellegrino
Collaborazione internazionale

Gli esperimenti di diffusione altamente anelastica con sonde puntiformi, quali l'elettrone, sono il miglior laboratorio per studiare la struttura degli adroni e la distribuzione dei costituenti negli adroni stessi.

Presso il Laboratorio Desy di Amburgo è in funzione dal luglio '91 l'acceleratore elettrone-protone HERA in cui elettroni (positroni) di 27 GeV di energia vengono fatti collidere contro protoni da 820 GeV. I ricercatori del dipartimento hanno collaborato alla realizzazione del rivelatore di vertici, dello spettrometro di muoni in avanti e dello spettrometro di protoni emessi a piccolissimo angolo.

Durante lo shut down 2000-2001, la macchina acceleratrice è stata modificata per raggiungere una luminosità istantanea 10 volte superiore a quella esistente e consentire agli esperimenti in funzione sul collisionatore di migliorare di un pari fattore il numero di eventi per nuova fisica. Nello stesso periodo la collaborazione ZEUS ha completato la costruzione e l'installazione, nella zona subito a ridosso del centro di collisione, di un nuovo rivelatore di micro vertici, il quale permetterà di riconoscere e ricostruire i vertici secondari di particelle a breve vita media.

Durante il periodo 00-01 i ricercatori del dipartimento hanno collaborato all'analisi di fisica per lo studio dei processi di fotoproduzione diffrattiva di vettori mesoni a grandi momenti trasferiti e allo studio della distribuzione di momento trasverso dei partoni all'interno del protone.

4.2 PROGETTO DI UN RIVELATORE PER IL FUTURO ANELLO DI COLLISIONE pp LHC al CERN: ATLAS

Ricercatori: G. Avolio
G. Crosetti
E. Lamanna
L. La Rotonda
E. Meoni
M. Schioppa
G. Susinno
Tecnici: F. Pellegrino
Collaborazione internazionale

La collaborazione ATLAS propone un rivelatore finalizzato al pieno utilizzo delle potenzialità del collider LHC sin dall'inizio della sua attività. L'ottimizzazione del rivelatore è basata sulla massima sensibilità nel possibile intervallo di massa del bosone di Higgs, sullo studio dettagliato dei decadimenti del quark "top", sulla ricerca di particelle supersimmetriche e sulla sensibilità a possibili strutture composte delle particelle elementari.

Lo scopo principale dell'esperimento è di poter operare ad un'elevata luminosità (quella nominale prevista per il collider è di $1.7 \text{ E}34 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) conservando una buona sensibilità su un vasto spettro di stati finali contenenti elettroni, fotoni, muoni, jets e momento trasverso mancante, in modo da poter individuare possibili segnali per nuova fisica. Inoltre durante il primo periodo in cui il collider lavorerà a bassa luminosità, l'esperimento si rivolgerà alla rivelazione di tau e di quark pesanti in modo da determinare con la massima precisione i possibili decadimenti di Higgs carichi e di particelle supersimmetriche in coppie di tau.

Gli elementi principali del rivelatore ATLAS sono:

- 1) un rivelatore centrale immerso in un campo magnetico solenoidale prodotto con tecniche di super conduzione finalizzato ad un'accurata misura del momento in un ampio intervallo di pseudorapidità ($-2.5 < \text{pseudorapidità} < 2.5$);
- 2) un calorimetro elettromagnetico di elevata precisione utilizzato in combinata con un rivelatore di inizio sciame a fine granularità mirato ad una precisa misura dell'energia rilasciata da fotoni ed elettroni;
- 3) un calorimetro adronico ad elevata ermeticità ($-5 < \text{pseudorapidità} < 5$) per la misura dell'energia dei jet e del momento trasverso mancante;
- 4) uno spettrometro muonico toroidale a larga accettazione ($-3 < \text{pseudorapidità} < 3$) per l'identificazione di muoni e per una misura indipendente del loro momento;
- 5) un preciso rivelatore di vertice per la prima fase a bassa luminosità.

Il progetto tecnico (Technical Proposal) con i dettagli dell'esperimento è stato pubblicato dalla collaborazione e, con l'approvazione del progetto di ricerca LHC da parte del CERN (avvenuta alla fine del '94), è iniziata la fase di costruzione di tutte le componenti del rivelatore.

I ricercatori del dipartimento hanno l'incarico di realizzare, entro il 2003, 35000 tubi a deriva per le camere di precisione più interne del barrel dello spettrometro per muoni,

Essi partecipano inoltre allo studio, mediante simulazioni MonteCarlo e analisi di dati sperimentali raccolti durante test su fascio e con radiazione cosmica, delle proprietà di deriva delle miscele di gas impiegate nelle camere a deriva dello spettrometro per muoni.

4.3 RICERCA DELLE OSCILLAZIONI DI NEUTRINO ν_{μ} IN NEUTRINO ν_{τ} CON L'ESPERIMENTO NOMAD

Ricercatori: L. La Rotonda

Tecnici: F. Pellegrino

Collaborazione internazionale

L'esperimento si propone di studiare oscillazioni di neutrino ν_{μ} in neutrino ν_{τ} all'SPS del CERN privilegiando per la rivelazione del neutrino ν_{τ} i decadimenti con la presenza di un elettrone nello stato finale, anche se non vengono trascurati gli altri canali.

L'esperimento ha iniziato a prendere dati all'inizio del '95 con l'apparato quasi completo e dalla primavera '96 con l'apparato completo. L'analisi dei dati sperimentali raccolti è in corso.

I gruppi italiani della collaborazione hanno preso la responsabilità della costruzione del calorimetro elettromagnetico di sezione 3×3 mq che è stato completamente calibrato nell'autunno 1993 ed installato nella primavera 1994.

I ricercatori di Cosenza hanno preso parte ai ripetuti test su fascio di un sotto modulo del calorimetro elettromagnetico e partecipano costantemente al monitor di qualità dei dati sperimentali raccolti nonché alla presa dati dell'esperimento, alla ricostruzione degli eventi nel calorimetro ed in tutto l'apparato ed all'analisi fisica dei dati medesimi.

A PUBBLICAZIONI SU RIVISTE

A.1 Pubblicazioni su riviste internazionali

A.1.1 Pubblicazioni su riviste internazionali stampate nel 2000-2001

1. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, *ZEUS Collaboration*. *Three-jet production in diffractive deep inelastic scattering at HERA*, Physics Letters B 516 (2001) 3-4, pp 273-292
2. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, *ZEUS Collaboration*. *Measurement of the neutral current cross section and F_2 structure function for deep inelastic e^+p scattering at HERA*, The European Physical Journal C 21 (2001) 3, pp 443-471
3. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, *ZEUS Collaboration*. *Multiplicity moments in deep inelastic scattering at HERA*, Physics Letters B 510 (2001) 36-54
4. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, *ZEUS Collaboration*. *Study of the effective transverse momentum of partons in the proton using prompt photons in photoproduction at HERA*, Physics Letters B 511 (2001) 19-32
5. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, *ZEUS Collaboration*. *Measurement of dijet production in neutral current deep inelastic scattering at high Q^2 and determination of α_s* , Physics Letters B 507 (2001) 70-88
6. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, *ZEUS Collaboration*. *Measurement of open beauty production in photoproduction at HERA*, The European Physical Journal C 18 (2001) 625-637
7. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, *ZEUS Collaboration*. *Measurement of dijet cross sections for events with a leading neutron in photoproduction at HERA*, Nuclear Physics B 596 (2001) 3-29
8. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, *ZEUS Collaboration*. *A search for resonance decays to $\bar{\nu}$ -jet in e^+p scattering at HERA*, Physical Review D 63 (2001)
9. L. La Rotonda, *Nomad Collaboration*, *Final NOMAD results on MUON-NEUTRINO \rightarrow TAU-NEUTRINO and ELECTRON-NEUTRINO \rightarrow TAU-NEUTRINO oscillations including a new search for TAU-NEUTRINO appearance using hadronic TAU decays*, Nucl.Phys.B611:3-39,2001
10. L. La Rotonda, *Nomad Collaboration* *A study of backward going P and PI in NEUTRINO (MUON) CC interactions with the NOMAD detector*, Nucl.Phys.B609:255-279,2001

11. L. La Rotonda, *Nomad Collaboration, Measurement of the ANTI-LAMBDA polarization in MUON-NEUTRINO charged current interactions in the NOMAD experiment*, Nucl.Phys.B605:3-14,2001
12. L. La Rotonda, *Nomad Collaboration, Inclusive production of RHO0(770), F(0)(980) and F(2)(1270) mesons in MUON-NEUTRINO charged current interactions*, Nucl.Phys.B601:3-23,2001
13. L. La Rotonda, *Nomad Collaboration Search for heavy neutrinos mixing with TAU neutrinos*, Phys.Lett.B506:27-38,2001
14. Lamanna E., Crosetti G., et Al., *Measurement of cp violating asymmetries in B0 decays to cp eigenstates*. Physical Review Letters, 2001, Vol. 86, pp. 2515-2522.
15. Lamanna E., et Al., *Measurement of the decays b ---> phi k and b ---> phi k**. Physical Review Letters, 2001, Vol. 87, pp. 1801-1808.
16. Lamanna E., Crosetti G., et Al., *Measurement of branching fractions and search for cp violating charge asymmetries in charmless two body b decays into pions and kaons*. Physical Review Letters, 2001, Vol. 87, pp. 1518-1526.
17. Lamanna E., Crosetti G., et Al., *Measurement of j / psi production in continuum e+ e- annihilations near s**(1/2) = 10.6-gev*. Physical Review Letters, 2001, Vol. 87, pp. 1620-1628.
18. Lamanna E., et Al., *Matter effects in upward going muons and sterile neutrino oscillations*. Physics letters. B, 2001, Vol. 517, pp. 59-66.
19. Lamanna E., Crosetti G., et Al., *Observation of cp violation in the b0 meson system*. Physical Review Letters, 2001, Vol. 87, pp. 91801-91809.
20. Lamanna E., et Al., *A transition radiation detector interleaved with low-density targets for the NOE experiment*. Nuclear instruments & methods in physics research. Section A, Accelerators, spectrometers, detectors and associated equipment, 2001, Vol. 459, pp. 108-130.
21. Lamanna E., et Al., *Neutrino astronomy with the macro detector*. Astrophysical journal. Part 1s, the, 2001, n. 546, pp. 1038-1054.
22. Lamanna E., et Al., *The NOE scintillating fiber calorimeter prototype test results*. Nuclear instruments & methods in physics research. Section A, Accelerators, spectrometers, detectors and associated equipment, 2001, Vol. 456, pp. 259-330.
23. Lamanna E., Crosetti G., et Al., *Measurement of the b0 and b+ meson lifetimes with fully reconstructed hadronic final states*. Physical Review Letters, 2001, Vol. 87, pp. 2018-2020.

24. Lamanna E., Crosetti G., et Al., *Measurements of the branching fractions of exclusive charmless b meson decays with eta-prime or omega mesons*. Physical Review Letters, 2001, Vol. 87, pp. 22180-22185.
25. Crosetti G., Lamanna E., et Al., *Search for the decay $b_0 \rightarrow \gamma \gamma$* . Physical Review Letters, 2001, Vol. 87, pp. 2401-2403.
26. Crosetti G., Lamanna E., et Al. *Measurement of the $b \rightarrow j/\psi k^*(892)$ decay amplitudes*. Physical Review Letters, 2001, Vol. 87, pp. 2418-2421.
27. Crosetti G., et Al., Lamanna E., *Measurement of the decay $b \rightarrow \phi k$ and $b \rightarrow \phi k^*$* . Physics letters. B, 2001, Vol. 87, pp. 1518-1521.

A.1.2 Pubblicazioni su riviste internazionali accettate

1. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, *ZEUS Collaboration. Search for lepton-flavor violation in e^+p collisions at HERA*, DESY-01-222 (December 2001)
2. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, *ZEUS Collaboration, Dijet photoproduction at HERA and the structure of the photon*, DESY-01-220 (December 2001)
3. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, *ZEUS Collaboration. High-mass dijet cross sections in photoproduction at HERA*, DESY 01-219 (December 2001)
4. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, *ZEUS Collaboration. Measurement of the photon-proton total cross section at a center-of-mass energy of 209 GeV at HERA*, DESY-01-216 (December 2001)
5. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, *ZEUS Collaboration. Searches for excited fermions in ep collisions at HERA*, DESY-01-132 (September 2001)
6. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, *ZEUS Collaboration. Dijet production in neutral current deep inelastic scattering at HERA*, DESY-01-127 (August 2001)
7. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, *ZEUS Collaboration. Properties of hadronic final states in diffractive deep inelastic scattering at HERA*, DESY-01-097 (July 2001)

5 FISICA DELLE SUPERFICI

5.1 SPETTROSCOPIA ELETTRONICA DI SUPERFICIE (SPES)

<i>Ricercatori:</i>	Elio Colavita Gaetano Cannelli Luigi Papagno Gennaro Chiarello Vincenzo Formoso Raffaele Agostino Anna Cupolillo Tommaso Caruso Daniela Pacilè Enrico Maccallini Raffaele Filosa Francesco Veltri
<i>Tecnici:</i>	Eugenio Li Preti Vito Fabio S. Abate (<i>tecnico, contratto di collaborazione INFM</i>) G. Desiderio (<i>tecnico, contratto di collaborazione INFM</i>)

Nel corso dell'anno 2001 sono stati eseguiti i seguenti studi:

5.1.1 Proprietà elettroniche e strutturali

a1) Proprietà elettroniche della lega $\text{Fe}_{62}\text{Ni}_{20}\text{Cr}_{18}$

La banda di valenza del cristallo di $\text{Fe}_{62}\text{Ni}_{20}\text{Cr}_{18}$ è stata studiata con la fotoemissione muovendo l'energia del fotone attraverso le soglie L_3 del Ni, Fe e Cr. Le bande di valenza dei tre componenti della lega mostrano caratteristiche simili, associate ad effetti di interferenza tra il "canale" diretto (assorbimento dal livello di core verso lo stato finale ϵ_f) e quello "indiretto" (assorbimento verso uno stato intermedio non stazionario e sua diseccitazione verso lo stesso stato finale ϵ_f). Questo fenomeno dà origine a risonanze (satellite della soglia L_3) osservate anche negli elementi puri di Ni, Fe e Cr; tuttavia nella lega, si notano differenze nella loro posizione e nella loro intensità. Si conclude che, nonostante il satellite della soglia L_3 sia un effetto atomico, gli effetti di banda nella lega influenzano e modificano la forma di riga e l'energia di eccitazione della risonanza. Il passaggio dal comportamento Raman a quello Auger di questa struttura che nasce in corrispondenza dell'eccitazione della soglia L_3 , è comunque osservabile nella lega come lo è, del resto, negli elementi puri; in questi ultimi, però, essa avviene in corrispondenza del massimo dell'assorbimento e non prima dell'assorbimento.

5.1.2 Proprietà elettroniche e vibrazionali di nanotubi di carbonio

La struttura elettronica di fasci di nanotubi di carbonio è stata studiata con la spettroscopia di perdita di energia in riflessione. Le misure sono state fatte alla soglia K del carbonio e nell'intervallo di energia 30meV-50 eV dal picco elastico. Si osservano eccitazioni interpretate come oscillazioni collettive di elettroni π e σ come nella grafite, ma si osservano anche eccitazioni plasmoniche ad energia di 90meV e 170meV, queste corrispondono ad eccitazioni presenti nella grafite a più bassa energia di eccitazione. Questi risultati confermano la natura metallica dei nanotubi di carbonio.

5.1.3 Studi vibrazionali di K, O and CO sulla superficie di Ni(111)

Abbiamo studiato le eccitazioni vibrazionali di ossigeno e potassio sulla superficie di Ni(111) e di ossigeno, potassio e ossido di carbonio sulla stessa superficie. Questi elementi interagiscono tra di loro, ma l'ossidazione del CO non avviene, contrariamente a quanto accade sulle superfici di Pt(111) e Rh(111). L'aggiunta di K allo strato preadsorbito di CO e O su Ni(111) promuove l'ossidazione del CO alla temperatura di 160K. Un simile effetto non è mai stato osservato precedentemente. Le molecole di CO₂ restano adsorbite sulla superficie e desorbono totalmente alla temperatura di 180K. Questa temperatura di desorbimento e le frequenze vibrazionali misurate, suggeriscono che la molecola di CO₂ sulla superficie è fortemente "tiltata" e debolmente legata.

5.1.4 Manganiti

Stiamo approntando l'apparato sperimentale per la caratterizzazione di ossidi di manganese e terre rare (manganiti La_{1-x}Ca_xMnO₃) con una struttura perovskite. Essi presentano una magneto-resistenza gigante le cui proprietà non sono note in superficie. Si vogliono, perciò, studiare le proprietà elettroniche delle manganiti in dipendenza dalla stechiometria dell'ossigeno e dalla presenza dell'idrogeno. Le tecniche sperimentali che useremo saranno EELS, AES e XAS.

5.1.5 Idruri metallici

b1) Assorbimento di idrogeno in film di carbonio nanostrutturato

Abbiamo studiato con spettroscopie di fotoemissione ultravioletta, Auger e di perdita di energia di elettroni, films di carbonio nanostrutturato (nC) contenenti inclusioni metalliche (Ni, Ti, Mo). Sono state determinate le strutture spettrali della banda di valenza e la loro dipendenza dalle inclusioni metalliche presenti nei nanocristalli e dall'esposizione ad idrogeno. "L'annealing" e l'esposizione all'idrogeno di questi campioni ha un effetto sulle loro proprietà elettroniche poiché produce un certo grado di ordine ed una "grafitizzazione" dei films. Un altro interessante effetto indotto dal fascio è stato riscontrato su tutti i film di nC studiati. L'intensità al livello di Fermi aumenta insieme ad un aumento dell'emissione nella regione tra 0 e 11 eV di energia di legame. La "metallizzazione" osservata della superficie avviene soltanto nelle regioni esposte al fascio di luce ultravioletta, in esse si nota un incremento di emissione fino al 100% al livello di Fermi. Questo effetto può avere interessanti ricadute nel campo dei processi litografici.

5.1.6 Assorbimento di idrogeno per via elettrochimica

Abbiamo usato metodi elettrochimici spettroscopici per determinare la conducibilità e le proprietà di trasporto ionico di elettroliti polimerici usati in batterie a litio ricaricabili. Il lavoro, effettuato in collaborazione con l'ENEA (C.R. Casaccia), ci ha permesso di acquisire una serie di procedure analitiche per la caratterizzazione elettrochimica dei sistemi metallo-idrogeno.

5.1.7 Studi strutturali

1) Effetti di imperfezioni reticolari sulle proprietà fisiche di campioni di Sc

Mediante la tecnica della spettroscopia anelastica è stato indagato lo spettro di rilassamento ad alta temperatura (300-600 K) di campioni policristallini di Sc, elemento di terre rare impiegato come componente di leghe intermetalliche per l'accumulo di idrogeno. Nei campioni drogati con quantità controllate di ossigeno sono stati osservati due processi di

rilassamento attribuiti alla diffusione di atomi interstiziali O e alla formazione-dissoluzione di coppie O-O. L'interesse di questi effetti deriva dal fatto che l'ossigeno, data la sua elevata affinità con le terre rare, contamina facilmente ed irreversibilmente questi elementi alterandone le proprietà fisiche. Dall'analisi delle curve di rilassamento sono stati valutati i parametri della mobilità dell'ossigeno. Sono state anche eseguite misure concomitanti di resistività elettrica residua a 4 K che hanno consentito la determinazione della resistività specifica dell'ossigeno nello Sc; questo parametro, sino ad ora non noto, è di notevole utilità per il controllo della concentrazione dell'impurezza interstiziale.

5.2 INTERAZIONI IONI-SUPERFICI (IIS)

Ricercatori: A. Oliva
A. Bonanno
M. Camarca
F. Xu
P. Barone
P. Riccardi
Tecnici: Sig. E. Li Preti
Sig. F. Vito

L'attività di ricerca ha ottenuto i seguenti risultati:

Il decadimento di plasmoni, eccitati in interazioni tra atomi di Ne ionizzati una sola volta e bersagli di Al policristallino, è stato studiato nel range energetico 0.7 – 8.0 keV (ioni lenti). Si è osservato che il plasmane di bulk viene eccitato al di sopra di una soglia di 1.0 keV e inizialmente coesiste con modi superficiali di eccitazione di tipo potenziale. Viene fornita quindi evidenza che i plasmoni di bulk eccitati in Al sono determinati da elettroni energetici che viaggiano all'interno del solido.

Lo studio sperimentale della emissione di elettroni, da campioni di Al bombardati con fasci ionici di Ne e Ar, è stato realizzato in modo da risolvere la natura della eccitazioni dei plasmoni di bulk, ossia se tale eccitazione sia indotta da particelle cariche che si avvicinano al bersaglio oppure sia da attribuire ad altre cause. Le misure sono state condotte in risoluzione angolare di emissione e dagli spettri ottenuti si evince chiaramente che l'eccitazione di plasmoni di bulk avviene soltanto al di sopra di una soglia energetica. L'interpretazione delle misure formula l'ipotesi che il meccanismo dominante sia da attribuire ad eccitazione indiretta causata da elettroni veloci secondari, generati dalla cascata collisionale iniziata dal proiettile.

5.3 FISICA TEORICA DI STRUTTURA DELLA MATERIA

Responsabile: prof. Giovanni Falcone
Partecipanti: prof. Francesco Piperno, Dott. Antonio Sindona, Dott. Luigi Forlano

5.3.1 Trasporto e riflessione di ioni

La ricerca ha riguardato lo studio e la risoluzione dell'equazione del trasporto di Boltzmann che descrive gli ioni incidenti all'interno di un solido bersaglio, cioè studiando il cosiddetto problema degli ioni riflessi. Si tratta di un problema di notevole interesse per le sue innumerevoli applicazioni industriali. I risultati ottenuti registrano progressi sia nel campo delle soluzioni analitiche (caso anelastico) che in quello numerico (caso elastico). Di particolare importanza è stata la realizzazione di un codice numerico capace di prevedere lo

spettro angolare per una data sezione d'urto. Sono state anche gettate le basi per un codice numerico in grado di fornire lo spettro energetico degli ioni diffusi nel caso elastico.

5.3.2 Meccanismo di doppio trasferimento di carica risonante nel fenomeno dello Sputtering.

I processi di interazione elettronica nell'emissione secondaria di atomi o molecole a basse energie (dell'ordine dell'eV) da superfici solide bombardate da fasci atomici primari (ad energie dell'ordine del keV) rappresentano un problema ancora aperto nonostante gli sforzi teorici e sperimentali della fisica del settore negli ultimi 30 anni. Da un lato, la dinamica di emissione di particelle cariche e neutre, risultanti dalla cascata collisionale prodotta nel bombardamento di un campione con un fascio di ioni molto energetico, sembra essere stata ben compresa, in seguito alla proliferazione dei codici di dinamica molecolare ed al miglioramento delle prestazioni dei super-computer. Dall'altro, le cause di natura chimico-fisica che portano alla formazione di particelle atomiche o molecolari risultano ancora piuttosto oscure. Il modello base, nell'analisi dei processi di scambio-carica, durante il bombardamento ionico di superfici metalliche, è costituito da un Hamiltoniano di Anderson-Newns in cui uno stato localizzato è fatto interagire con una banda di stati continui, mediante un potenziale di salto ad un corpo, che descrive l'interazione configurazionale fra gli orbitali considerati. Se i primi autori si erano interessati del chemisorbimento, verso la metà degli anni settanta Sroubek aveva pensato di applicarli al fenomeno dello sputtering. Nell'ultimo decennio l'interesse della comunità scientifica del settore si è rivolto alla generalizzazione del modello di base a sistemi atomici a più livelli, interagenti mediante potenziali di scambio e correlazione. I lavori più indicativi in tal senso sono stati condotti da Rabelais, Nordlander e Shao. In tal modo, sono stati spiegati la gran parte dei dati sperimentali sullo stato di carica degli ioni riflessi da superfici solide. Di contro non è stata sviluppata una teoria adeguata che studiasse l'influenza dei fenomeni di superficie sullo stato di carica delle particelle secondarie emesse durante il bombardamento. Infatti l'andamento della distribuzione in velocità di quest'ultime non è riproducibile mediante il semplice meccanismo di trasferimento risonante alla Anderson-Newns. Negli ultimi anni abbiamo cercato di modellare fenomenologicamente questi effetti ottenendo dei risultati su sistemi ione-metallo relativamente semplici. In un approccio più quantitativo, abbiamo considerato le interazioni quasi-molecolari tra le particelle emesse e le particelle di substrato, che ne causano l'emissione. I risultati hanno chiarito alcuni aspetti essenziali dell'emissione secondaria ed hanno riprodotto la distribuzione sperimentale in velocità di ioni Cu^+ da superfici di rame. Il lavoro del presente anno ha prodotto una formalizzazione auto-consistente del problema che ha permesso di estendere il modello di base allo studio dell'emissione di particelle ionizzate negativamente. I primi risultati, già discussi nella conferenza più rilevante del settore, sono stati di recente sottoposti a giudizio per la pubblicazione.

5.3.3 Singolarità di Fermi negli spettri di Fotoemissione - Effetti di temperatura in un Gas di elettroni.

Le singolarità negli spettri di assorbimento di superfici metalliche da raggi x sono state scoperte 30 anni fa da Mahan in un lavoro che ha considerato gli effetti a molti corpi della nube elettronica creata istantaneamente dalla lacuna profonda generata dalla radiazione all'interno del materiale. La distribuzione in energia del un Gas di elettroni, $P(E)$, è stata calcolata in assenza di effetti termici. Tale distribuzione può seguire un andamento singolare secondo una legge di potenza, con esponente critico dipendente dalla simmetria della lacuna di core. Nello stesso periodo Anderson ha calcolato l'esponente critico in termini degli sfasamenti del potenziale Coulombiano schermato della lacuna sugli elettroni di conduzione.

Entrambe queste considerazioni sono state formalizzate, alla fine degli anni '60, da Nozieres e De Dominicis in un modello di seconda quantizzazione, rinormalizzato mediante l'introduzione di un'energia tipica, dell'ordine di grandezza della banda di conduzione. Negli anni successivi lo stesso risultato è stato riottenuto teoricamente in diversi lavori, mentre sono state eseguite le prime verifiche sperimentali della legge di Mahan-Nozieres-De Dominicis. Le principali sorgenti di allargamento negli spettri di emissione da raggi X sono dovute sia all'interazione elettrone-fonone che al tempo di vita media dello stato di lacuna profonda. In molti esperimenti pubblicati sui metalli alcalini, condotti a temperatura ambiente, Citrin et al. hanno riprodotto le curve mediante la convoluzione della legge di Mahan-Nozieres e De Dominicis con una gaussiana (legata all'interazione elettrone-fonone) ed una lorentziana (associata al decadimento della lacuna profonda). Negli anni 80 e 90 le singolarità di Fermi sono state descritte da modelli numerici molto sofisticati (si vedano ad esempio i lavori di Otaka e Tanabe) che hanno dato poca rilevanza agli effetti termici sul gas di elettroni. Tuttavia, come osservato dagli stessi Otaka e Tanabe, tali effetti possono essere di notevole interesse, in relazione allo studio dei sistemi quantistici di dimensionalità ridotta. Il nostro approccio al problema, si è basato su un'idea di Brako e News che hanno calcolato, nel 1980, la funzione di perdita di un gas di Fermi, per effetto di un'impurezza dinamica, a bassa temperatura e in approssimazione di onda S. Il modello è stato generalizzato ad ogni temperatura e a tutte le onde parziali applicandolo alla funzione spettrale della teoria delle singolarità di Fermi. In tal modo si è riuscito a stimare l'effetto delle interazioni termiche, in banda di conduzione, per esperimenti di XPS condotti a temperature ordinarie. Si ritiene di aver compreso a fondo l'applicabilità del modello di Brako e News al presente caso. Importanti generalizzazioni saranno proposte a breve.

5.3.4. Distribuzione in energia degli elettroni emessi da un metallo in seguito a scambi elettronici a due corpi (effetto Auger).

La distribuzione in energia degli elettroni emessi da un solido in seguito a bombardamento ionico ad energie dell'ordine del keV è oggetto di notevole interesse teorico e sperimentale per gli effetti non adiabatici legati alle proprietà di allargamento della distribuzione in funzione della velocità delle particelle incidenti. In particolare, quando l'energia dello stato di valenza degli ioni incidenti è al di sotto del fondo della banda di conduzione del metallo il canale preferenziale di neutralizzazione segue un meccanismo noto in letteratura come effetto Auger. Quest'ultimo occorre perché l'energia ceduta dal sistema durante il processo viene utilizzata da un secondo elettrone della che viene emesso fuori dal solido. Tale meccanismo è conseguenza di un allargamento lorentziano della distribuzione degli elettroni emessi con un parametro di allargamento (la semi-larghezza a metà altezza) che segue una legge di scala lineare con le velocità incidenti. Tali studi sono stati condotti in via qualitativa da Hagstrum, a partire dai primi anni '60. Il nostro sforzo è stato quello di comprendere quali tipi di allargamenti si potessero osservare nella distribuzione sperimentale di elettroni emessi da un campione di Alluminio, bombardato da ioni positivi di Argon. Abbiamo rilevato che accanto al principale canale di allargamento lorentziano sussiste un secondo meccanismo spiegabile come effetto di asimmetria, dovuto alla creazione di una lacuna di conduzione in seguito alla neutralizzazione del fascio ionico. Tale effetto è stato spiegato con un modello a primi principi, in accordo con i risultati provenienti dall'analisi statistica dei dati sperimentali. Il nuovo effetto è stato posto all'attenzione della comunità scientifica internazionale. La novità della formulazione conferisce alla linea di ricerca un ruolo prioritario.

A PUBBLICAZIONI SU RIVISTE

A.1 Pubblicazioni su riviste internazionali

A.1.1 Pubblicazioni su riviste internazionali stampate nel 2001

- 1 L. Papagno, G. Chiarello, V. Formoso, A. Santaniello and E. Colavita, *Electronic excitations of the $K - (\sqrt{3} \times \sqrt{3}) R 30^\circ$ phase on Al(111) at low and room temperature investigated by angular resolved EELS* Surface Science, 482,675 (2001)
- 2 T. Caruso, S. Capoleoni, E. Cazzanelli, R.G. Agostino, P. Villano and S. Passerini, *Characterization of peo-lithium triflate polymer electrolytes: conductivity, dsc and raman investigations*, Ionics 8, 36 (2002)
- 3 P. Barone, A. Bonanno, M. Camarca, A. Oliva, F. Xu, P. Riccardi and R.A. Baragiola, *The excitation of collective electronic modes in Al by slow single charged Ne ions*, Surf. Sci. Lett. 480(2001)L420
- 4 P. Riccardi, P. Barone, M. Camarca, N. Mandarino, F. Xu, A. Oliva, R.A. Baragiola, *Bulk plasmon excitation in the interaction of Ne⁺ and Ar⁺ ions with polycrystalline Al surfaces*, Nucl. Instr. and Meth. B182(2001)84.
- 5 R.A. Baragiola, C.A. Dukes and P. Riccardi, *Plasmon Excitation in ion-solid interactions*, Nucl. Instr. and Meth. B182(2001)73.
- 6 E.S. Mashkova, V.A. Molchanov and G. Falcone *Spatial distribution of the particles sputtered under ion bombardment. III. Oblique incidence*, Surface Investigation, 16 (2001) 1139

A.1.2 Pubblicazioni su riviste internazionali accettate nel 2001

- 1 F. Trequattrini, F. Cordero, G. Cannelli, and R. Cantelli, *Anelastic Relaxation Processes Due to Hopping of Interstitial Oxygen in Scandium*, Journal of Alloys and Compounds, to be published (2002)
- 2 G. Chiarello, E. Maccallini, R.G. Agostino, V. Formoso, A. Cupolillo, E. Colavita, L. Papagno, A. Goldoni, *Electronic excitations in carbon nanotubes by high resolution electron energy loss spectroscopy measurements*, to be published
- 3 G.B. Appetecchi, F. Alessandrini, M. Carewska, T. Caruso, P.P. Prosini, S. Scaccia and S. Passerini, *Investigation on Lithium Polymer Electrolyte Batteries*, Proceedings of the "10th International Meeting on Lithium Batteries", Journal of Power Sources, to be published (2002)

Sottomessi

1. P. Riccardi, M. Ishimoto and R.A. Baragiola, *Ion-Induced Electron Emission from MgO by Exciton Decay into Vacuum* Sottomesso a Physical review Letters

- 2 P. Riccardi, A. Sindona, P. Barone, A. Bonanno, A. Oliva, R.A. Baragiola, *Auger neutralization and Plasmon excitation in the Interaction of He ions with Mg Surfaces*, sottomesso a Surface Science
- 3 P. Barone, R.A. Baragiola, A. Bonanno, A. Oliva, A. Sindona and P. Riccardi, *Sub-threshold plasmon excitation in free-electron metals by noble gas ions*, sottomesso a Nuclear Instruments and Methods B
- 4 L. Forlano, G. Falcone, A.I. Tolmachev, *Extension of Chandrasekhar's method for the problem of path length and energy distributions of backscattered ions*, submitted to Physical Review B.
- 5 A. Sindona e G. Falcone, *Evidences of a double resonant ionization mechanism during sputtering of metals*, sottomesso a Surf. Sci.
- 6 A. Sindona e G. Falcone, *Surface effects in negative ionization of sputtered atoms from metal surfaces*, sottomesso a Phys. Rev. B.
- 7 Sindona e G. Falcone, *The Slowness approximation and the X-ray edge problem*, sottomesso a Surf. Sci.
- 8 A. Sindona e G. Falcone, *Localized time-dependent perturbations in metals: a third order cumulant expansion.*, sottomesso a Europhys. Jour. B.
- 9 P. Riccardi, A. Sindona, P. Barone, A. Oliva and R. A. Baragiola, lavoro sottomesso a Nucl. Instr. and Meth. B
- 10 R.G. Agostino, T. Caruso, G. Chiarello, V. Formoso, A. Cupolillo, D. Pacilè, R. Filosa, E. Colavita, L. Papagno, *Electron spectroscopy on nanostructured carbon films containing transition metal clusters*, In preparazione.

B MEMORIE (Proceedings estesi degli Atti di Congresso o capitoli di libri)

B.1 Memorie Internazionali

B.1.2 Memorie accettate di Congressi Internazionali

1. L. Forlano, A.I. Tolmachev, G. Falcone, *Application of the Iterative Method to the problem of Ion Reflection*, Proceedings 15th International Conference Ion-Surface Interactions (ISI-2001) August 27-31, 2001, Zvenigorod (Moscow), Russia.
2. A. Sindona e G. Falcone, *Double Resonant ionization in secondary atomic emission from metal surfaces*, ICACS 19 (19th Conference on Inelastic Atomic Collisions in Solids, Parigi 29 Luglio-4 Agosto, 2001)

6 FISICA MOLECOLARE

6.1 NUOVI CRISTALLI LIQUIDI APOLARI, FERROELETTRICI E METALLORGANICI. INSTABILITÀ ELETTOCONVETTIVE IN FLUIDI COMPLESSI. INTERAZIONI CRISTALLI LIQUIDI-CONDUTTORI MISTI. STUDIO DELLA VARIABILITÀ SPAZIALE DEGLI SPETTRI RAMAN DEI FILM DI OSSIDO A CONDUZIONE MISTA. ANALISI TERMICA DEI CRISTALLI LIQUIDI

<i>Ricercatori:</i>	Roberto Bartolino Enzo Cazzanelli Nicola Scaramuzza Carlo Versace
<i>Dottorandi:</i>	Vincenzo Bruno Luca Papalino
<i>Assegnisti:</i>	Giuseppe Strangi
<i>Borsisti:</i>	Sergio Capoleoni
<i>Laureandi:</i>	Gianfranco Parise Salvatore Marino

Si è studiato il comportamento della viscosità superficiale dei cristalli liquidi. Ancora sono iniziate le caratterizzazioni termiche di diversi materiali liquido cristallini con fase smettica utilizzando la tecnica fotopiroelettrica. Si stanno studiando le proprietà dei materiali liquido cristallini non-polari. Sono in corso di caratterizzazione le proprietà di materiali compositi cristallo liquido-fotopolimero con gradiente di polimerizzazione per la risposta elettroottica asimmetrica. Lo studio di materiali compositi cristallo liquido ferroelettrico-polimero per evidenziarne le proprietà fotopiroelettriche hanno mostrato che in questo caso l'indice di merito piroelettrico realizzabile ($1 \text{ nC/cm}^2\text{K}$) è confrontabile con quello dei convenzionali elementi piroelettrici ($0.1 - 2 \text{ nC/cm}^2\text{K}$) mentre le proprietà meccaniche sono decisamente migliori.

Le celle a cristallo liquido contenenti film di ossidi elettrocromici hanno evidenziato la asimmetrizzazione della risposta elettroottica. Inoltre si è dimostrato sperimentalmente che l'inserzione di ossidi elettrocromici in cella a cristallo liquido riesce a modulare esternamente l'energia di ancoraggio tra il cristallo liquido e le superfici di contenimento.

Per la realizzazione di dispositivi elettrocromici si è mantenuto come elettrodo attivo il WO_3 , le caratteristiche strutturali del quale dipendono criticamente dalla tecnica di deposizione (evaporazione, sputtering, sol-gel etc.), è stato implementato l'apparato di sputtering per la sua deposizione, sono state effettuate le prime prove di intercalazione chimica di protoni nei film depositati ed è stata effettuata la loro caratterizzazione spettroscopica. Come contro elettrodi sono stati utilizzati materiali misti di $\text{TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, con l'obiettivo di combinare le doti di trasparenza ottica, la reversibilità e la resistenza chimica del titanio ossido con la capacità di intercalazione del vanadio pentossido. La spettroscopia micro-Raman ha indicato per i film di WO_3 una diversa suscettibilità alla cristallizzazione tra le zone centrali e quelle periferiche del campione. Inoltre si è visto come la presenza di impurità di carbonio sia abbastanza correlata con la cristallizzazione nei film amorfi di tungsteno. Inoltre si sono studiati, combinando misure spettroscopiche, a misure calorimetriche e di conduttività ionica, sistemi contenenti un polimero (il PEO, polietilene ossido), un elettrolita (il litio triflato) ed un filler (ossido di alluminio).

B-Sono stati studiate le proprietà elettro-ottiche di celle a cristallo liquido ottenute utilizzando film di WO_3 depositati per sputtering catodica, e di $\text{TiO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ depositati con la tecnica di Solgel partendo da soluzioni alcoliche di $\text{Ti}(\text{OBu})_4$ e $\text{Ti}(\text{OBu})_4/\text{VO}(\text{OPr}^i)_3$. Le proprietà strutturali dei film sono state investigate mediante spettroscopia MicroRaman, XRD, AFM, prima e dopo l'essiccazione in forno dei substrati in modo da mettere in evidenza l'influenza dell'acqua assorbita ed intrappolata all'interno del film sulla risposta elettro-ottica del cristallo liquido: i film di WO_3 non temprati non presentavano all'XRD alcuna simmetria di tipo cristallino, al contrario gli stessi film sottoposti a trattamento termico a più alta temperatura (2h a 400°C) presentano spettri di diffrazione tipici delle strutture cristalline. Riscaldando i film a temperatura più bassa (300°C) si è invece ottenuto un substrato avente le stesse caratteristiche strutturali dei film appena depositati ma con una quantità minore di acqua assorbita. E' stata quindi data un'interpretazione degli effetti osservati in celle asimmetriche di cristallo liquido nematico, ottenute assemblando due elettrodi semitrasparenti (ITO-Glass) uno dei quali ricoperto con un film sottile ($<400\text{nm}$) di WO_3 . In condizioni di polarizzazione anodica del film di WO_3 , una certa quantità di carica può essere spinta all'interfaccia con il cristallo liquido spostando un certo numero di atomi di idrogeno. A causa di questo fenomeno una pari quantità di carica negativa viene richiamata dal cristallo liquido, la formazione di questo doppio strato superficiale ha come primo effetto l'inibizione (per tensioni sufficientemente piccole) della risposta elettro-ottica per quella polarità della tensione elettrica applicata; inoltre influenzando elettrostaticamente l'interazione NLC-substrato, la formazione del doppio strato di carica influenza l'ancoraggio del cristallo liquido il quale può essere indebolito aumentando la quantità di carica accumulata in superficie. Gli stessi effetti sono studiati nei film misti Ti/V ossido, con crescente contenuto di vanadio, e si è scoperto come la miglior risposte elettroottica rettificata si ottenga per film cresciuti per sol-gel, con rapporto atomico $\text{Ti/V}=1/1$ e sottoposti ad annealing a 400°C . Altri risultati interessanti riguardano l'influenza degli effetti osservati sulla risposta elettro-ottica di CL smettici ferroelettrici e antiferroelettrici.

C-La transizione $\text{DSM1} \leftrightarrow \text{DSM2}$ è stata studiata con tecniche di scattering della luce e polarimetria, le quali hanno messo in evidenza il ruolo dell'instabilità di twist sul transiente. Si sono misurate le soglie in tensione per la transizione in funzione della temperatura e dello spessore della cella, ottenendo un comportamento critico in prossimità della temperatura T_c di transizione nautico-isotropo; infatti quando la temperatura è prossima a T_c , il valore di campo di sogli diverge, nel caso delle celle più sottili il fenomeno è maggiormente evidente, p.es. nelle celle spesse $8\ \mu\text{m}$ già a $T_c - T \approx 4^\circ\text{C}$ la transizione non è più visibile. Ciò lascia intuire che la distorsione di twists all'origine del transiente tra i due regimi di scattering dinamico nasca da un accoppiamento di volume in opposizione alla direzione indotta dalla superficie.

6.2 SUPERFICI ED INTERFACCE DEI MATERIALI LIQUIDO-CRISTALLINI

<i>Ricercatori:</i>	Roberto Bartolino Riccardo Barberi
<i>Dottorandi:</i>	Giuseppe Lombardo Giovanni Carbone Bruno Zappone
<i>Borsisti Post-Doc:</i>	Maria Iovane Maria De Santo Federica Ciuchi
<i>Collaboratori:</i>	Michele Giocondo

Massimo Sposato
Alfredo Pane

Le interazioni anisotrope tra le molecole di un materiale liquido-cristallino ed una superficie di confinamento possono determinare una o più direzioni di orientazione spontanea del cristallo liquido sulla superficie stessa. Tale fenomeno prende il nome di "ancoraggio" del cristallo liquido sulla superficie esterna ed ha una rilevanza notevole sia per la ricerca fondamentale che per le applicazioni. I materiali liquido cristallini sono infatti dei "liquidi anisotropi" la cui struttura di volume è sempre determinata dalle condizioni di allineamento in superficie e tutti i dispositivi elettro-ottici che fanno uso di materiali liquido-cristallini sono basati sulla variazione indotta da un campo esterno sulla orientazione molecolare di film sottili dello spessore tipico di qualche micron.

La riorientazione molecolare di volume è un fenomeno ben compreso su cui si basano tutti i dispositivi attuali a cristalli liquidi. Non possiamo dire altrettanto per l'orientazione e le altre proprietà di superficie. Per esempio, negli ultimi anni, la dinamica dei cristalli liquidi ha ricevuto un nuovo impulso alla luce delle indicazioni sperimentali che sembrano suggerire nuovi fenomeni di superficie come la "rottura di ancoraggio" e la "fusione locale indotta da campi esterni".

Negli ultimi anni la ricerca sulle proprietà di superficie dei materiali mesomorfi E' stata sempre più caratterizzata dall'introduzione di tecniche sperimentali non direttamente derivate dall'analisi ottica ed elettro-ottica che caratterizza tradizionalmente questo genere di ricerca. Sono state utilizzate, per esempio, tecniche di microscopia SPM, come la microscopia a forza atomica non contact, lo STM e lo SNOM che si sono rivelate molto efficaci per la comprensione dei fenomeni su scala molecolare, che sono alla base delle proprietà macroscopiche come la geometria e l'energia dell'ancoraggio nematico. E' stato quindi effettuato un passaggio graduale dalla diretta osservazione delle proprietà macroscopiche di questi sistemi (>1micron) alla misura di proprietà su scala sub-micrometrica, avvicinando le nostre tecniche a quella che oggi viene definita la nanoscienza.

Nel corso del 2001, l'attività è stata focalizzata su tre obiettivi:

- 1) Applicazione di tecniche EFM (Electrostatic Force Microscopy) a film dielettrici e ferroelettrici potenzialmente utilizzabili come strati allineanti per i cristalli liquidi
- 2) Tecniche ottiche non lineari e SPM (Scanning Probe Microscopy) per la caratterizzazione di film allineanti in presenza ed in assenza di cristallo liquido
- 3) Sviluppo di dispositivi bistabili a cristalli liquidi nematici

6.3 FOTONICA

Ricercatori: Gabriella Cipparrone

Dottorandi: Pasquale Pagliusi

Grazia Russo

Borsisti post-doc: Alfredo Mazzulla

Laureandi: Alessandro Dastoli

6.3.1 Dinamica nonlineare e transizione al caos in cristalli liquidi.

E' stato realizzato uno studio d'interessanti effetti di dinamica nonlineare e transizioni al caos, nella riorientazione del direttore molecolare indotta mediante un fascio laser in un campione di cristallo liquido nematico. In particolare questi regimi dinamici sono stati osservati in un esperimento in cui un'onda ordinaria incide con un piccolo angolo su un campione di cristallo liquido con allineamento omeotropico: essi sono evidenziati da oscillazioni persistenti nel numero di cerchi di diffrazione dovuti all'effetto di

automodulazione della fase ed osservabili a campo lontano nel fascio trasmesso. All'aumentare del valore dell'intensità luminosa incidente la dinamica osservata diventa estremamente complessa, mostrando una serie d'inusuali biforcazioni prima di raggiungere un regime stocastico.

Il comportamento osservato prima del raggiungimento del regime irregolare sembrerebbe poter essere descritto da una cascata di biforcazioni cosiddette "gluing".

L'analisi realizzata mostra che, con un esperimento relativamente semplice è possibile osservare un nuovo scenario nell'evoluzione verso un regime irregolare.

Questa fenomenologia non è stata mai osservata in un sistema fisico reale. Lo studio realizzato quindi risulta interessante non solo per quanto concerne l'ottica nonlineare dei cristalli liquidi ma anche dal punto di vista della teoria del caos.

Per la realizzazione delle misure sulle quali è stata effettuata l'analisi, è stato utilizzato un apparato sperimentale basato su una tecnica di pump-probe e includente un polarimetro.

6.3.2 Effetto fotorifrattivo in materiali liquido-cristallini composti (PDLC).

Sono state realizzate misure di TBC (Two Beam Coupling) con il reticolo fermo e la tecnica traslazionale con il reticolo in movimento in film di PDLC (polymer dispersed liquid crystals) drogati con coloranti. In questi materiali è stato osservato un effetto di memoria ottica. I risultati di questi esperimenti hanno evidenziato la nonlocalità dell'effetto, mostrando come la modulazione fotoindotta delle proprietà ottiche del materiale fosse sfasata rispetto alla figura d'interferenza della luce laser. I reticoli sono sostanzialmente reticoli di fase sfasati di $\pi/2$ rispetto alla distribuzione d'intensità luminosa prodotta nella regione d'interferenza ed utilizzata per la scrittura dei reticoli stessi. I risultati ottenuti sembrano indicare un'origine fotorifrattiva della formazione dei reticoli olografici.

Sono state effettuate misure di corrente fotoindotta, per verificare l'eventuale presenza di processi di generazione fotoindotta di carica e trasporto nei materiali. I risultati ottenuti sicuramente evidenziano la presenza dei processi ipotizzati e supportano l'ipotesi dell'origine fotorifrattiva.

6.3.3 Olografia di polarizzazione in PDLC

Recentemente è stato iniziato uno studio di reticoli olografici in PDLC prodotti mediante una tecnica olografica di polarizzazione. Le tecniche usualmente utilizzate sono quelle olografiche d'intensità e si basano sul controllo del processo di polimerizzazione e di separazione di fase per la realizzazione dei reticoli.

Il nuovo metodo si basa su effetti d'allineamento fotoindotto.

Illuminando una miscela di polimero e cristallo liquido con una distribuzione d'intensità del fascio laser uniforme, ma in cui è modulato lo stato di polarizzazione, sono stati realizzati reticoli costituiti da gocce di cristallo liquido con un ben definito allineamento.

Diverse geometrie sperimentali sono state studiate.

Ottimizzazione di alcuni parametri, quale stabilità delle strutture ed efficienza di switching elettrico sono stati ottenuti.

6.3.4 Reticoli olografici in polimeri liquido cristallini e film di Langmuir-Blodgett.

Di recente si è iniziato lo studio di alcuni materiali fotosensibili azo-composti. In particolare sono state realizzate indagini con tecniche olografiche d'intensità e di polarizzazione per studiare fenomeni di memoria ottica in polimeri liquido-cristallini, polimeri drogati con coloranti (azo-dye) e film di Langmuir-Blodgett fotosensibili di azo

composti. L'idea di utilizzare questi materiali nasce dal fatto che essi manifestano un fenomeno di riorientazione molecolare fotoindotta con una lunga stabilità temporale.

Per alcuni di questi sistemi, interessanti risultati sono stati ottenuti riguardo alla stabilità e all'efficienza di diffrazione. E' stato realizzato uno studio della formazione dei reticoli per differenti lunghezze d'onda e intensità dei fasci laser utilizzati per la scrittura.

Interessanti risultati sono stati ottenuti dallo studio dei reticoli olografici indotti mediante l'esposizione di film di questi materiali nella regione di sovrapposizione di due fasci laser con polarizzazione circolare opposta. Nella regione di sovrapposizione dei due fasci si ha, infatti, una polarizzazione lineare che ruota uniformemente spostandosi lungo il vettore d'onda del reticolo ed una modulazione trascurabile dell'intensità luminosa.

Lo studio delle proprietà di polarizzazione di puri reticoli di fase ottenuti, usando questa tecnica, nei polimeri e film di Langmuir Blodgett, mostra interessanti peculiarità per applicazioni in vari campi.

6.4 OTTICA NON LINEARE

<i>Ricercatori</i>	Cesare Umeton
<i>Borsisti</i>	Caputo Roberto De Luca Antonio Morabito Marco Veltri Alessandro

6.4.1 Reticoli di diffrazione in materiali compositi liquido-cristallini stratificati

E' stata svolta una dettagliata caratterizzazione sperimentale dell'efficienza di diffrazione di reticoli scritti in materiali compositi liquido-cristallini utilizzando la figura di interferenza di due raggi laser UV. Le frange del reticolo sono formate, in realtà, da strati di polimero puro alternate a zone in cui vi è una fase nematica pura ed uniforme: si tratta della morfologia detta POLICRYPS (da Polymer-Liquid-CRYstal-Polymer-Slide). La dipendenza dalla temperatura di questi reticoli rivela un carattere non monotono, con diversi massimi e minimi, la cui forma dipende fortemente dalla concentrazione di nematico nella miscela iniziale; in particolare, il numero di massimi e minimi aumenta all'aumentare di tale concentrazione. Anche la dipendenza da una tensione esterna mostra un carattere non monotono, influenzato comunque dalla temperatura.

6.4.2 Realizzazione di un prototipo di misuratore di impulsi corti

E' stato ideato e realizzato un prototipo compatto e trasportabile di uno strumento che, utilizzando la tecnica dell'autodiffrazione, permette di effettuare la misura della durata di impulsi laser nel range dei picosecondi. La tecnica innovativa è basata sulla creazione di un reticolo di diffrazione dinamico scritto dall'impulso in un film di materiale composito liquido cristallino (PDLC) in opportune, particolari, condizioni geometriche. L'impulso da misurare subisce un effetto di self-diffraction la cui efficienza dipende dalla durata dell'impulso. E' stato anche messo a punto un software che permette sia di controllare i componenti meccanici micrometrici del prototipo, sia di acquisire i dati sperimentali per poi utilizzarli al fine di calcolare la durata dell'impulso.

6.4.3 Solitoni spaziali in cristalli liquidi nematici

E' stato avviato un progetto riguardante la caratterizzazione di solitoni spaziali in cristalli liquidi. Le maggiori attività previste nell'ambito di tale progetto riguardano:

- La caratterizzazione del profilo trasversale di solitoni (2+1) dimensionali;
- Lo studio della nonlocalità e dell'interazione tra solitoni;
- La messa a punto accoppiatori direzionali ottici basati sull'uso di solitoni spaziali;

- La realizzazione di solitoni spaziali con luce incoerente;
- La realizzazione di solitoni spaziali indipendenti dalla polarizzazione dell'onda incidente.

PUBBLICAZIONI

A. Pubblicazioni su riviste nel 2001.

A.1 Pubblicazioni Internazionali

A.1.1 Pubblicazioni su riviste internazionali

1. N. Scaramuzza, G. Strangi, C. Versace: "*Electro-Optic Behavior of a Non Polar Nematic Liquid Crystal and Its Mixture*"; *Liquid Crystals* 28(2) (2001) 307.
2. L. M. Blinov, R. Barberi, G. Cipparrone, M. V. Kozlovsky, V. V. Lazarev, M. Ozaki, M. P. De Santo, N. Scaramuzza, K. Yoshino: "*Reversible UV Image Recording on a Photochromic Side Chain Liquid Crystalline Polymer*". *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* 355 (2001) 359
3. G. Strangi, C. Versace, N. Scaramuzza: "*Surface Anchoring Energy Modulation in Liquid Crystal Cells With Mixed Conductor Boundary Layers.*". *Applied Physics Letters* 72(17) (2001) 2455.
4. A.L. Alıxe-Ionescu, A. Th. Ionescu, N. Scaramuzza, G. Strangi, C. Versace, G. Barbero and R. Bartolino: "*Liquid-crystal/electrochromic interface: A p/n-like electro-optic junction*". *Physical Review E* 64, (2001) 011708-1
5. V. Bruno, N. Scaramuzza, U. Zammit: "*Study of Critical Behavior of the Thermal Parameters in the Phase Transition in Mesogenic Materials*". *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* 372 (2001) 201
6. A.L. Alıxe-Ionescu, A. Th. Ionescu, N. Scaramuzza, G. Strangi, C. Versace, G. Barbero and R. Bartolino: "*Effects Of Charge Asymmetry In A Nematic Liquid Crystal In Contact With An Amorphous Tungsten Trioxide Layer*". *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* 372 (2001) 321
7. E. Cazzanelli, N. Scaramuzza, G. Strangi, C. Versace, R. Ceccato and G. Carturan: "*Sol-Gel Synthesis And Characterization Of TiO_2 And $TiO_2-V_2O_5$ Films For Electrode In Asymmetric Liquid Crystal Cells*". *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* 372 (2001) 305
8. R. Caputo, A. V. Sukhov, C. Umeton and R. F. Ushakov: "*Dynamics of Mass Transfer Caused by the Photoinduced Spatially Inhomogeneous Modulation of Mobility in a Multicomponent Medium*", *J.E.T.P.*, 92, 28 (2001).
9. R. Caputo, A. V. Sukhov, N. V. Tabiryan, C. Umeton and R. F. Ushakov: "*Mass transfer processes induced by inhomogeneous photo-polymerisation in a multicomponent medium*", *Chem. Phys.* 271, 323 (2001).
10. R. Caputo, A. V. Sukhov, N. V. Tabiryan, C. Umeton and R. F. Ushakov: "*A new kind of photo-polymerisation induced diffraction gratings in liquid crystalline composite materials*", *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 372, 263 (2001)

11. E.Cazzanelli, L.Papalino, A.Pennisi, F. Simone, "*Spatial variation of structural order in sputtered WO₃ films*", *Electrochimica Acta*, 46, pp 1937-1944 (2001)
12. E.Cazzanelli, S. Capoleoni, L.Papalino "*Space variation of the crystallization kinetics in pure and mixed oxide films: a micro-Raman determination*", *Philosophical Magazine B* 82, pp. 453-465 (2002)
13. E.Cazzanelli, L.Papalino, S. Capoleoni, R. Ceccato and G. Carturan "*Spectroscopic characterization of the mixed film TiO₂-V₂O₅, used as counterelectrode in electrochromic devices and in liquid crystal cells.*" *Ionics*, da pubblicare
14. E. Cazzanelli, S. Capoleoni, L. Papalino, R. Ceccato and G. Carturan, "*Micro-Raman investigation in mixed oxide films TiO₂-V₂O₅ grown by sol-gel method*", Meeting GNSR, Reggio Calabria, maggio 2001, da pubblicare presso IB Books
15. T. Caruso, S. Capoleoni, E. Cazzanelli, R. Agostino, P. Villano and S. Passerini "*Characterization of peo-lithium triflate polymer electrolytes: conductivity, DSC and Raman investigations.*" *Ionics* 8, pp.36-43 (2002)
16. S. Capoleoni, T. Caruso, E. Cazzanelli, S. Passerini, P. Villano "*Raman and impedance spectroscopic investigation of PEO – lithium triflate films*", Meeting GNSR, Reggio Calabria, maggio 2001, da pubblicare presso IB Books
17. G. Cipparrone, A. Mazzulla P. Pagliusi A.V. Sukhov R.F.Ushakov "*Transient photoinduced current in dye-doped polymer and PDLC*" *J.O.S.A. B* 18, 182 (2001)
18. V. Carbone, G. Cipparrone, G. Russo "*Homoclinic Gluing bifurcations during the light induced reorientation in Nematic Liquid Crystal films*" *Phys. Rev. E*, 63, 051701 (2001).
19. G. Cipparrone, A. Mazzulla, G. Russo "*Diffraction grating in PDLC recorded by means of polarization holographic technique*" *Appl. Phys.Lett.*78,1186 (2001).
20. G. Cipparrone, A. Mazzulla, P. Pagliusi, F. Simoni, A.V. Sukhov "*Investigation of photorefractive effect in dye doped PDLC: TBC experiments and photoinduced current measurements*" *MCLC*, 359, 119 (2001).
21. G. Russo, V. Carbone, G. Cipparrone "*Analysis of the dynamical regimes induced by a laser beam in a nematic liquid crystal film*" *MCLC*359, 231 (2001).
22. P. Pagliusi, R. Macdonald, S. Bush, G. Cipparrone, M. Kreuzer "*Nonlocal Dynamic gratings and energy transfer by optical two beam coupling in a nematic liquid crystal due to highly sensitive photoelectrical reorientation*" *J.O.S.A. B* 18, 1632 (2001)
23. G. Cipparrone, A. Mazzulla, G. Russo "*Diffraction from holographic gratings in PDLC recorded by means of polarization light patterns*" *J.O.S.A. B* 18, 1821 (2001).

24. L.M. Blinov, R.Barberi, S.P. Palto, M.P. De Santo, S.G. Yudin: "*Switching of a ferroelectric polymer Langmuir-Blodgett film studied by Electric Field Microscopy*", Journal of Applied Physics, 89 (2001) 3960-3966
25. M. Iovane, A.L. Alexe Ionescu, R. Barberi, J.J. Bonvent, M. Giocondo: "*A tool to control the nematic surface alignment: anchoring competition*"Mol. Cryst. Liq. Cryst., 360 (2001) 61-79
26. S. Soria, D. Schuhmacher, G. Marowsky, R. Barberi, F. Ciuchi, S. Paus, T. Rasing: "*Probing Alignment of Liquid Crystals on Silane Derivatives by Second Harmonic Generation*", J. Nonlinear Opt. Phys. & Materials, 10 (2001) 133-142
27. A.L. Alexe-Ionescu, R. Barberi, M. Iovane, A.Th. Ionescu: "*Statistical approach on the orienting photopolymer - nematic liquid crystal anchoring energy*", Phys. Rev E , 65 (2001) 11703
28. L. M. Blinov, R.Barberi, S. P. Palto, Th. Rasing, M. P. De Santo, S.G. Yudin:*Local piezoelectric response and surface potential of dielectric and ferroelectric Langmuir-Blodgett films studied by electrostatic force microscopy Novel Methods to Study Interfacial Layers*, D. Mobius and R.Miller Editors, Elsevier Science (2001)
29. C. Carbone, B. Zappone, R. Barberi, R. Bartolino: "*Apertureless SNOM microscopy with a commercial AFM*"Mol. Cryst. Liq. Cryst., 372 (2001) 373-382
30. S. Soria, G. Marowsky, R. Barberi, F. Ciuchi, T. Rasing: "*Surface nematic order induced by silane derivatives studied by second harmonic generation* ", Mol. Cryst. Liq. Cryst., 372 (2001) 291-303

A.1.2 Pubblicazioni su riviste internazionali accettate

1. L.M. Blinov, S. P. Palto, S.G. Yudin, M.P. De Santo, G. Cipparrone A. Mazzulla, R. Barberi "*Polar diffraction gratings made by spatially periodic photopoling Langmuir-Blodgett films*" Appl. Phys.Lett., 80, 16 (2002)
2. P. Pagliusi, G. Cipparrone "*Surface-induced photorefractive-like effect in pure liquid crystals*" Appl. Phys.Lett., 80, 168 (2002)
3. G. Cipparrone, A. Mazzulla, L. M. Blinov "*Permanent polarization gratings in photosensitive Langmuir-Blodgett films for polarimetric applications*" J.O.S.A. B, 19, 1157 (2002)
4. G. Cipparrone, A. De Luca, D. Duca, A. Mazzulla and C..Umeton"*Realisation of liquid crystal based prototype for duration measurements of picosecond pulses*" Optics and Lasers in Engineering in corso di stampa.
5. F. Ciuchi, A. Mazzulla, G. Cipparrone "*Permanent polarization gratings in elastomer azo-dye systems: comparison between layered and mixed samples*" JOSA B. in corso di stampa.

6. G. Barbero, D. Olivero, N. Scaramuzza, G. Strangi, C. Versace: “*Influence of the bias-voltage on the anchoring energy for nematic liquid crystals*”. Inviato per la pubblicazione su J. Appl. Phys.
7. G. Strangi, C. Versace, N. Scaramuzza, V. Bruno: “*Unipolar “V-shaped” Effect in Chiral Smectic C (Sm-C*) Liquid Crystals Bounded By Ion Store Film*” Inviato per la pubblicazione su J. Appl. Phys.
8. V. Bruno, E. Cazzanelli, N. Scaramuzza, G. Strangi R. Ceccato and G. Carturan: “*Electrical and Electro-Optical Investigations of Liquid Crystal Cells Containing TiO₂-V₂O₅ Thin Films Prepared by Sol-Gel Synthesis*” Inviato per la pubblicazione su J. Appl. Phys.

D Interventi a congresso

D.1 Interventi a congressi internazionali

1. M. Peccianti, C. Umeton, I. C. Khoo, A. De Rossi, G. Assanto: “*Two-dimensional spatial solitons in nematic liquid crystals*”, Photonics West, SPIE Int. Symp. on “High-Power Lasers and Applications”, S. Jose, USA, 20-26 Gennaio (2001).
2. R. Caputo, A. V. Sukhov, N. V. Tabiryana, C. Umeton and R. F. Ushakov: “*Mass Transfer Processes Induced by Inhomogeneous Photo-polymerisation in Multicomponent Medium*”, Congresso Nazionale di Fisica della Materia, Roma, Italy, 18-22 Giugno, Abstracts, (2001).
3. Invited: G. Assanto, M. Peccianti, A. De Luca, C. Umeton and I. C. Khoo: “*Coherent and incoherent spatial solitons in bulk Nematic Liquid Crystals*”, 9th International Topical Meeting on Optics of Liquid Crystals OLC'2001, Sorrento, Italy, 1-6 Ottobre, Abstracts (2001).
4. VIII Intern. Workshop on Disordered Systems, Andalo (Trento), Italy 12-15 March 2001
5. VIII Euroconference on Solid State Ionics, Corvoeiro (Portugal) 16-22 September 2001
6. V. Bruno, N. Scaramuzza, U. Zammit “*Study Of Critical Behaviour Of The Thermal Parameters In The Phase Transition In Mesogenic Materials*”, 6th European Conference On Liquid Crystals, HALLE (GERMANIA) 2001
7. E. Cazzanelli, N. Scaramuzza, G. Strangi, C. Versace, R. Ceccato and G. Carturan “*SOL-Gel Synthesis And Characterization of TiO₂ and TiO₂-V₂O₅ Films For Electrode In Asymmetric Liquid Crystal Cells.*”, 6th European Conference On Liquid Crystals, HALLE (GERMANIA) 2001
8. G. Strangi, C. Versace, N. Scaramuzza “*Surface Anchoring Energy Modulation in Liquid Crystal Cells with Mixed Conductor Boundary Layers*”, 6th European Conference On Liquid Crystals, HALLE (GERMANIA) 2001

9. V. Bruno, N. Scaramuzza, G. Strangi and C. Versace “*Electro-Optic Behaviour Of A Non-Polar Nematic Liquid Crystal And Its Mixtures*”, 6th European Conference On Liquid Crystals, HALLE (GERMANIA) 2001
10. A. L. Alexe-Ionescu, A. Th. Ionescu, N. Scaramuzza, G. Strangi, C. Versace, G. Barbero and R. Bartolino “*The Liquid Crystal - Electrochromic Interface: a P-N Like Electro-Optic Junction*”, 6th European Conference On Liquid Crystals, HALLE (GERMANIA) 2001
11. R. Barberi, M. Iovane, F. Ciuchi: *Bistable nematic devices: surface and bulk melting*, 5th Mediterranean Workshop and Topical Meeting, Novel Optical Materials and Applications, NOMA '01, Cetraro, Italy, 20-26 Maggio 2001
12. R. Barberi, M. Iovane, L. Lazarev, L. Blinov: *Azimuthal anchoring dynamics of a nematic on a photosensitive material during UV-irradiation*, INFMeeting 2001, Roma, Italy, 18-22 Giugno 2001
13. D. Sikharulidze, M. Iovane, F. Ciuchi, G. Lombardo, R. Barberi: *Nematic weak anchoring and electrically controlled surface reorientation*, 6th European Conference on Liquid Crystals, ECLC2001, Halle (Saale), Germany, 25-30 Marzo 2001
14. R. Barberi, D. Sikharulidze: *Bistable storage effect in nematic cells with electric modified microtextured surface orientation*, 6th European Conference on Liquid Crystals, ECLC2001, Halle (Saale), Germany, 25-30 Marzo 2001

E Contratti di collaborazione scientifica:

1. Network Scientifico Europeo su Surfaces and Interfaces of Liquid Crystals TMR Network FMRX-CT98-0209
2. Network Scientifico Europeo su Surfaces and Applications of Liquid Crystals Brite-EuRam Thematic Network BET-503
3. Network europeo "Liquid crystal based photonic devices" - LC Photonet, BRRT-CT97-5019.
4. Network Europeo Tmr N. FMRX-Ct97-0119: Optical Research of Chiral Systems (ORCHIS)

7 BIOFISICA MOLECOLARE

Ricercatori: L. Sportelli

R. Bartucci

Assegnisti: R. Guzzi

Dottorandi: B. Rizzuti

M. Pantusa

A. Stirpe

Collaboratori: S. Belsito

Borsisti: G. Montesano

Tecnici: B. De Nardo

C. Prete

Collaborazioni: D. Grasso, C. La Rosa, D. Milardi, *Università di Catania*

G. W. Canters, M. Ph. Verbeet, *Gorlaeus Laboratory, University of Leiden, Olanda*

D. Marsh, *Max Planck Institut for Biophysical Chemistry, Goettingen, Germania*

7.1 STUDI SPETTROSCOPICI E DI DINAMICA MOLECOLARE SIMULATA DI METALLO-PROTEINE NATIVE E GENETICAMENTE MUTATE

7.1.1 Effetto di ioni caotropici sulla distribuzione dei sottostati conformazionali dell'amicianina e dell'azurina in forma nativa e senza ponte solfuro.

La funzione di una proteina è strettamente legata alle sue proprietà strutturali e dinamiche, che a loro volta sono fortemente influenzate dal solvente. Le proteine sono dei sistemi complessi, caratterizzati dall'esistenza di molti stati isoenergetici, chiamati sottostati conformazionali. Questi sottostati, che differiscono per l'arrangiamento locale di singoli atomi o gruppi di atomi, dipendono dalla temperatura e dalle proprietà chimico-fisiche del solvente, cioè dell'acqua. L'acqua conferisce stabilità attraverso una vasta rete di legami idrogeno che interessa tutta la superficie esterna della macromolecola. A RT le transizioni tra sottostati conformazionali, che determinano in parte la funzionalità biologica, sono molto veloci, mentre a temperature inferiori a quella di *glass transition* ($T_g \approx 180$ K) le molecole sono congelate in un particolare sottostato che è evidenziato, a livello sperimentale, come eterogeneità strutturale.

La spettroscopia di Risonanza Paramagnetica di Spin Elettronico (EPR) in onda continua è stata utilizzata per studiare a bassa temperatura la distribuzione dei sottostati conformazionali in tre metallo-proteine in presenza in soluzione degli anioni caotropici azide e tiocianato; due agenti chimici capaci di modificare la struttura dell'acqua. I due caotropici, inoltre, presentano una elevata tossicità sui sistemi biologici.

Nelle metallo-proteine l'eterogeneità strutturale si manifesta attraverso un allargamento delle righe di risonanza magnetica dello ione Cu^{++} in funzione della concentrazione dei caotropici nella regione a basso campo magnetico (2700-3100 Gauss). Questo effetto è stato modellizzato attraverso una distribuzione gaussiana dei componenti dei tensori \vec{g} e \vec{A} dell'hamiltoniana di spin. La simulazione degli spettri EPR a 77 k delle varie proteine, ha

mostrato che gli effetti maggiori si osservano quando il rapporto proteina:anione è 1:50 e 1:100. Inoltre, il tiocianato è più efficace dell'azide nel ridurre l'eterogeneità strutturale delle proteine studiate e che la riduzione dell'eterogeneità strutturale è più marcata nelle due azurine che nell'amicianina. Questo fatto indica una maggiore flessibilità dell'azurina rispetto all'amicianina che equivale ad una maggiore capacità di ristrutturarsi in presenza di perturbazione dell'ambiente circostante.

7.1.2 Sostituzione rame/zinco nell' azurina “wild type” e senza ponte disolfuro: Effetto sulla energia libera di folding

Lo ione Cu^{++} presente nel sito attivo dell'azurina è stato sostituito con lo ione Zn^{++} sia nella proteina wild type che in quella mutata geneticamente (Cys3Ala/Cys26Ala), cioè senza ponte disolfuro, e gli effetti di questa sostituzione sulla stabilità termica della proteina sono stati studiati mediante micro calorimetria differenziale (DSC) e fluorescenza. I risultati ottenuti mostrano che l' unfolding delle Zn-azurine è del tipo “multistep” ($\text{N} \leftrightarrow \text{U} \Rightarrow \text{F}$) e che i parametri che caratterizzano lo step reversibile e quello irreversibile dipendono dal metallo legato alla proteina. Inoltre, in presenza di Zn la denaturazione termica è parzialmente reversibile.

Il confronto tra i dati termodinamici ottenuti per la Cu- e la Zn-azurina mostra che lo zinco stabilizza la struttura tridimensionale della proteina. Infatti, sia la temperatura di denaturazione che l'energia libera di Gibbs aumentano rispettivamente di 4 °C e di 31 kJ/mol. Fattori sia entalpici che entropici contribuiscono a questa stabilizzazione. I valori energetici ottenuti in questo studio suggeriscono una maggiore affinità termodinamica dell'azurina verso lo zinco rispetto al rame. Al contrario, la sostituzione rame/zinco nell'azurina mutata non ha alcun effetto sull' energia libera di folding della proteina. Infatti, sia in presenza di rame che di zinco il valore dell'energia libera della proteina mutata è 28 kJ/mol più basso rispetto alla proteina nativa, indicando che la sostituzione del metallo non compensa efficacemente la destabilizzazione della proteina indotta dalla rimozione del legame covalente -SS-.

In proteine che denaturano irreversibilmente, la stabilità cinetica riveste anche un aspetto importante. Gli esperimenti sono stati condotti seguendo il decadimento in funzione del tempo dell'intensità di fluorescenza a fissata temperatura scelta nel range di temperatura di transizione di ciascuno dei quattro campioni. Il decadimento segue un andamento esponenziale e dal fit sono state ricavate le costanti di velocità e quindi i valori di energia di attivazione utilizzando la legge di Arrhenius. I dati ottenuti mostrano che il campione più stabile dal punto di vista termodinamico, la Zn-azurina nativa, è caratterizzato anche dalla più alta stabilità cinetica.

7.1.3 Introduzione di un legame covalente intramolecolare (-SS-) nell'amicianina.

E' stato avviato un progetto per introdurre una mutazione genetica nell'amicianina, che consiste nell'inserimento di un legame covalente intramolecolare (ponte disolfuro, -SS-) nella proteina. All'interno della famiglia delle “blue copper proteins” cui appartengono le metallo-proteine oggetto del nostro studio, il legame -SS- è un elemento strutturale che è presente solo nell'azurina. La presenza di questo legame covalente intramolecolare conferisce maggiore stabilità termodinamica, come mostrato nei diversi studi da noi realizzati, all'azurina nativa rispetto a quella priva del ponte disolfuro. La scelta dell'introduzione del legame -SS- nell'amicianina, si inquadra nel problema più generale relativo alla possibilità di aumentare la stabilità dei sistemi biologici, in particolare di quelli con funzione di electron-transfer, per la loro potenziale applicazione biotecnologica nella costruzione di Biosensori. La ricerca si

compone di una fase di progettazione (*molecular design*) ed una di realizzazione della proteina mutata. Questa seconda fase sarà eseguita in Olanda in collaborazione con il gruppo di biochimica dell'Università di Leiden.

Nella fase di *molecular design* della proteina mutata, sono state individuate le possibili coppie di residui all'interno della macromolecola la cui posizione relativa è favorevole alla formazione di un ponte di solfuro. Il *molecular design* è stato effettuato utilizzando un programma di grafica molecolare. Tra le coppie di residui è stata scelta la coppia Lisina-3 e Isoleucina-84, che saranno sostituiti con due residui di Cisteina (K3C/N84C) utilizzando la tecnica della "site-directed mutagenesis".

7.1.4 Moti correlati oltre il nanosecondo nella dinamica molecolare simulata dell'azurina.

Una simulazione di dinamica molecolare a temperatura ambiente è stata eseguita sull'azurina in condizione di completa idratazione per studiare i moti collettivi dei residui ammino acidici della proteina che si manifestano su un tempo di 10 ns. L'evoluzione temporale delle deviazioni atomiche rispetto alla configurazione iniziale cristallografica suggerisce che nella traiettoria simulata la struttura della macromolecola è equilibrata dopo circa 4 ns. Un buon accordo è trovato quando le fluttuazioni quadratiche medie degli atomi costituenti il backbone della proteina (N, C α , C), calcolati nell'intervallo temporale 4-10 ns, sono confrontati con i dati sperimentali disponibili di X-ray e NMR. L'analisi della mappa delle correlazioni dinamiche, che caratterizza i moti coordinati interni della proteina, rivela che un certo numero di moti correlati, positivi e negativi, sono attivati oltre la scala temporale del nanosecondo. In particolare, sia la regione dell' α -elica che quella intorno al ponte disolfuro mostrano dei moti di compensazione lungo direzioni opposte rispetto ad un numero limitato di elementi strutturali dell'azurina. Come conseguenza, moti correlati positivamente si manifestano preferenzialmente fra l' α -elica ed il ponte disolfuro, che sono localizzati a due estremi opposti della proteina. L'insieme dei risultati indica che moti sincronizzati che si manifestano tra regioni della proteina lontane tra di loro possono essere di un certo interesse, considerato che questi due elementi strutturali non sono presenti nelle altre metallo-proteine appartenenti alla famiglia delle cuprodoxine.

7.2 SUPRASTRUTTURE MOLECOLARI LIPIDICHE ED INTERAZIONE CON PROTEINE

7.2.1 Interazione di proteine con membrane fosfolipidiche contenenti polimero-lipidi.

E' stata studiata l'interazione tra l'albumina del siero umano (HSA) e membrane modello di dipalmitol-fosfatidilcolina (DPPC) contenenti lipidi recanti sulla testa polare il polimero poli-etilene glicole (PEG-DPPE). Misure di spin label ESR sono state condotte in funzione della lunghezza del polimero e della concentrazione dei polimero-lipidi.

Lo studio ha permesso di determinare sperimentalmente per la prima volta la conversione dal regime "mushroom" a quello "brush" delle catene polimeriche in funzione della densità dei polimero-lipidi. L'accordo con le leggi di scala con la lunghezza dei polimeri previste teoricamente ("scaling theory" di Alexander-de Gennes e "mean field theory" di Milner-Witten-Cates) è più che soddisfacente.

L'assorbimento primario dell'HSA sulla superficie di membrane di DPPC è progressivamente ridotto in presenza dei polimero-lipidi a bassa concentrazione nel regime mushroom ed è completamente abolito ad alta concentrazione nel regime brush.

Questi risultati confermano il ruolo della stabilizzazione sterica esercitata dai polimero-lipidi presenti in formulazioni lamellari usate come carriers di farmaci in vivo.

7.2.2 Misure di EPR in regime pulsato (FT-EPR) su membrane fosfolipidiche modello spin labellate.

Sono stati eseguiti esperimenti di EPR pulsato (FT-EPR) su dispersioni lamellari spin labellate di DPPC usando lo spettrometro Bruker Mod. Elexsys E 580 operante in trasformata di Fourier a 9 GHz.

Misure di Spin Eco Elettronico (ESE) a due impulsi sono state condotte utilizzando la sequenza di Hahn ($\pi/2$ - τ - π) con la separazione tra gli impulsi $\tau = 88$ ns su dispersioni lamellari a completa idratazione sia in acqua normale (H_2O) che in acqua pesante (D_2O), con e senza la presenza di colesterolo nell'intervallo di temperatura $150 \div 280$ K.

Il decadimento dell'ESE in funzione del tempo avviene con un tempo di rilassamento caratteristico, T_{2M} , detto *Time memory phase*. I suoi valori sono stati determinati e la dipendenza dalle condizioni sperimentali, quali temperatura, posizione del label, mezzo di dispersione e presenza di colesterolo nelle dispersioni lipidiche, è stata investigata.

I decadimenti dell'ESE risultano fortemente modulati. La trasformata di Fourier di questi segnali, noti come Electron Spin Echo Envelope Modulation (ESEEM), forniscono gli spettri in funzione della frequenza. Da essi si evince che i nuclei responsabili della modulazione sono quelli 1H e 2H del solvente.

Infine, sono stati registrati spettri di assorbimento di EPR integrando opportunamente i segnali di ESE. Gli spettri mostrano una diminuzione dell'intensità e cambiamenti della forma di riga all'aumentare sia della temperatura che della separazione tra gli impulsi. Questi effetti danno chiare indicazioni del moto anisotropo in membrane fosfolipidiche, forniscono ulteriori dettagli della rotazione attorno all'asse lungo molecolare e modellano la perturbazione indotta dal colesterolo nell'ambiente delle catene lipidiche.

7.3 BIOFISICA AMBIENTALE

7.3.1 Effetti di metalli pesanti inquinanti ambientali su suprastrutture molecolari lipidiche

Un aspetto dell'intossicazione acuta da Cd, residuo di lavorazioni industriali, riguarda la perdita di calcio nelle ossa al punto che questi diventano molto morbidi e fragili e in alcuni casi la demineralizzazione può essere tale da causare il decesso. L'assorbimento del Cd sulla superficie della membrana è pensato essere il primo step dell'up-take del cadmio in cellule. Al fine di studiare il meccanismo d'azione molecolare risulta di notevole interesse relazionare gli effetti dello ione Cd^{++} con le proprietà delle membrane biologiche attraverso lo studio della sua interazione con sistemi modello di membrane.

L'attività di ricerca ha riguardato l'effetto del cadmio inorganico $CdCl_2$, sulle proprietà strutturali e dinamiche di multibilayers sintetizzati con il fosfolipide polare neutro Di-palmitoil-fosfatidilcolina (DPPC). Per studiare le modificazioni subite dai multilayers in presenza di $CdCl_2$ le indagini sono state condotte in funzione del rapporto molare R

$=[\text{CdCl}_2]/[\text{DPPC}]$, variabile da 0 a 10 e in funzione della temperatura nell'intervallo 20 - 50 °C. Per lo studio è stata usata la Risonanza di Spin Elettronico (ESR) convenzionale e in regime non lineare (ST-ESR) e la spettrofotometria. Per le misure magnetiche sono stati usati gli spin labels 5- e 16-PCSL che indagano rispettivamente, l'interfaccia polare/apolare dei bilayers fosfolipidici ed il core idrofobico degli stessi.

All'aumentare della concentrazione del CdCl_2 nel mezzo di dispersione dei multilayers di DPPC, lo spettro ESR dello spin label 5-PCSL evidenzia, al variare della temperatura, dapprima un aumento del valore della temperatura della transizione di fase principale, T_m , del DPPC e poi, ad alti valori di R, il valore di T_m osservato in assenza di CdCl_2 . La temperatura della pre-transizione risulta debolmente influenzata.

Lo spin label 16-PCSL rivela un aumento di T_m all'aumentare del rapporto molare $R = [\text{CdCl}_2]/[\text{DPPC}]$.

Gli spettri di Saturation Transfer-ESR dello spin label 5-PCSL a 5 °C in funzione della concentrazione di cadmio evidenziano, attraverso la valutazione dei parametri diagnostici C'/C e L''/L , una variazione del tempo di correlazione rotazionale, τ_c , del moto intorno all'asse lungo molecolare dei lipidi e perpendicolarmente a tale asse. Il valore di τ_c per il moto rotazionale dei liposomi decresce da 37 a 7 μs per $0 \leq R \leq 1$, acquista il valore di 50 μs per $R = 4$ e decresce per $R \geq 6$.

L'assorbimento ottico a $\lambda = 400 \text{ nm}$ vs T mostra un aumento della T_m dei multilayers di DPPC all'aumentare della concentrazione di CdCl_2 fino al valore max di 42,5 °C per $R = 2 \div 4$ e poi una diminuzione monotona fino a 41,5 °C per $R = 10$.

L' OD_{400} alla temperatura di 20 °C delle dispersioni di DPPC in funzione di R presenta un minimo per $R = 0,5$ e poi un aumento fino a $R = 6$ e, infine, una diminuzione fino al valore di $R = 10$.

I risultati ottenuti indicano concordemente che l'interazione fra Cd e i multilayers di DPPC si manifesta all'interfaccia polare/apolare dei bilayers. Il Cd altera le interazioni elettrostatiche fra i lipidi e modifica la struttura dell'acqua legata alla testa polare del DPPC causando disidratazione della regione polare dei bilayers. La disidratazione è accompagnata dalla formazione di liposomi di diametro minore rispetto al caso $R = 0$. La riduzione del diametro dipende dal valore di R. Alti valori di R ripristinano le dimensioni e le proprietà strutturali e dinamiche iniziali dei bilayers.

A PUBBLICAZIONI SU RIVISTE

A.1 Pubblicazioni su riviste internazionali stampate nel 2001

1. Montesano G., Bartucci R., Belsito S., Marsh D., Sportelli L., *Lipid membrane expansion and micelle formation by polymer-grafted lipids: Scaling with polymer length studied by spin-label electron spin resonance*. Biophysical journal 80, 1372-1383 (2001)
2. Belsito S., Bartucci R., Sportelli L., *Lipid chain length effect on the phase behaviour of PCs/PEG:2000-PEs mixtures. A spin label ESR and spectrophotometric study*. Biophysical chemistry 93, 11-22 (2001)
3. Rizzuti B., Sportelli L., Guzzi R., *Evidence of reduced flexibility in disulfide bridge-depleted azurin: A molecular dynamics simulation study*. Biophysical chemistry 94, 107-120 (2001)
4. Guzzi R., Stirpe A., Verbeet M. P., Sportelli L., *Structural heterogeneity of blue copper proteins: an EPR study of amicyanin and wild-type and Cys3Ala/Cys26Ala mutant azurin*. European biophysics journal 30, 171-178 (2001)

A.2 Pubblicazioni su riviste internazionali accettate nel 2001

1. A. Stirpe, R. Guzzi, M. Ph. Verbeet, G. W. Canters, L. Sportelli, *Effects of chaotropic anions on the distribution of conformational substates of Amicyanin, wild type and Cys3Ala/Cys26Ala Azurin mutant*, J. Bioinorg. Chem. (2001), accepted
2. C. La Rosa, D. Milardi, D. M. Grasso, M. P. Verbeet, G. W. Canters, L. Sportelli, R. Guzzi, *A model for the thermal unfolding of amicyanin*, Eur. Biophys. J. (2001), accepted

A.3 Capitoli di libri internazionali

1. Bartucci R., Guzzi R., Sportelli L., *Electron paramagnetic resonance investigation of biological systems. In: Recent Research and Development in Biophysical Chemistry, Transworld Research Network: Trivandrum, 2001, Vol. 2, pp 85-101.*

A.4 Articoli presentati per la pubblicazione nel 2001:

1. R. Bartucci, M. Pantusa, D. Marsh, L. Sportelli, *Interaction of human serum albumin with membrane containing polymer-grafted lipids: spin label ESR studies in the mushroom and brush regimes*, Biochim. Biophys. Acta (2001) submitted

D Comunicazioni a Congressi Internazionali:

1. R. Bartucci, M. Pantusa, D. Marsh, L. Sportelli, *Interaction of human serum albumin with DPPC membranes containing PEG-grafted lipids*, International Workshop on Protein-Lipid Supramolecular Assemblies. 30 Aug. - 3 Sept. 2001, Zagabria, Croazia.

D 1 Comunicazioni a Congressi Nazionali:

1. Sportelli L., Bartucci R., Guzzi R., Bruni C., Belsito S., Montesano G., Mollica P., Stirpe A., *Electron Spin Resonance Instrumental up-grade for Biology and Environmental Sciences*, INFMeeting, Roma 18-22 Giugno 2001
2. Pantusa M., Bartucci R., Sportelli L., *Inhibition of protein adsorption on lipid surfaces displaying Poly(ethylene glycol) chains*, INFMeeting, Roma 18-22 Giugno 2001
3. Guzzi R., Stirpe A., Verbeet M. Ph., Sportelli L., *Structural heterogeneity of blue copper proteins: An EPR study of Amicyanin, Wild type and Cys3Ala/Cys26Ala Azurin mutant*, INFMeeting, Roma 18-22 Giugno 2001