

DIPARTIMENTO DI FISICA

UNIVERSITA' DELLA CALABRIA



RAPPORTO ATTIVITA'

ANNO ACCADEMICO 1998/99

Pubblicazioni scientifiche relative all'anno solare 1999

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

RAPPORTO ATTIVITA'

ANNO ACCADEMICO 1998/99

Pubblicazioni scientifiche relative all'anno solare 1999

Indice

Introduzione	6
--------------------	---

INFORMAZIONI GENERALI

Organi del Dipartimento	7
Professori di ruolo	8
Ricercatori e Dottorandi	9
Personale tecnico ed amministrativo	10
Elenco numeri telefonici del Dipartimento.....	11
Seminari.....	12
Tesi di Laurea	15
Tesi di Dottorato.....	18

ATTIVITA' DI RICERCA

1 - ASTROFISICA	19
1.1 I PLASMI IN ASTROFISICA	19
1.1.1 Turbolenza MHD associata all'instabilità parametrica.....	20
1.1.2 Dissipazione di onde di Alfvén in strutture magnetiche caotiche.....	20
1.1.3 Strutture coerenti nella turbolenza MHD del vento solare.....	20
1.1.4 Leggi di scala ed intermittenza in turbolenza MHD	21
1.1.5 Processi di trasporto e dinamica delle particelle cariche in un campo magnetico turbolento	22
<i>Pubblicazioni</i>	23
2 - FISICA TEORICA DELLE ALTE ENERGIE	34
2.1 FENOMENOLOGIA ADRONICA E QCD.....	34
2.1.1 QCD	34
2.1.2 Fenomenologia adronica.....	34
2.1.3 Interazione K-N.....	35
2.2 TEORIE DI GAUGE SU RETICOLO.....	35
2.2.1 Teorie di gauge a temperatura finita su reticolo.....	35
<i>Pubblicazioni</i>	36

3 - FISICA NUCLEARE	38
3.1 NUCLEO COERENTE	38
3.2 SISTEMI METALLO-IDROGENO	38
<i>Pubblicazioni</i>	39
4 - FISICA SPERIMENTALE DELLE PARTICELLE ELEMENTARI.....	40
4.1 Esperimento ZEUS	40
4.2 Progetto di un rivelatore per il futuro anello di collisione pp LHC al CERN: ATLAS	41
4.3 Ricerca delle oscillazioni ν_{μ} in ν_{τ} con l'esperimento NOMAD	42
<i>Pubblicazioni</i>	44
5 - FISICA DELLE SUPERFICI.....	47
5.1 SPETTROSCOPIA ELETTRONICA DI SUPERFICIE (SPES)	47
5.2 INTERAZIONE IONI-SUPERFICI (IIS)	51
5.3 FISICA TEORICA DELLO STATO SOLIDO.....	51
5.3.1 Sputtering e riflessione di ioni da superfici.....	52
5.3.2 Interazioni binarie anelastiche	52
5.3.3 Eccitazioni elettroniche indotte da ioni lenti nei solidi	53
5.3.4 Fenomeni di interferenza in sistemi atomici soggetti ad irraggiamento laser	55
5.4 FISICA DEI SENSORI	56
<i>Pubblicazioni</i>	58
6 - FISICA MOLECOLARE	62
6.1 Interazione dei cristalli liquidi con ossidi di conduttori misti	62
6.2 Sistemi compositi contenenti materiali liquido cristallini	64
6.3 Instabilità elettrodinamiche in cristalli liquidi nematici	64
6.4 Reticolo olografici permanenti i materiali liquido cristallini compositi	65
6.5 Studio di materiali fotosensibili	66
6.6 Dinamica nonlineare e transizione al caos in cristalli liquidi	66
6.7 Materiali elettrocromici ed interazioni con cristalli liquidi	67
6.8 Nuovi effetti di superficie ed applicazioni di cristalli liquidi	69
6.9 Fenomeni elettro-ottici dovuti all'influenza della luce sui parametri materiali del cristallo liquido.....	70
6.10 Curaggio UV di reticoli di diffrazione in PDLC	70

6.11	Realizzazione e caratterizzazione di reticolo di diffrazione in materiali compositi liquido cristallini con struttura stratificata (POLYCRIPS).....	71
	<i>Pubblicazioni</i>	73
7 -	BIOFISICA MOLECOLARE	79
7.1	CARATTERIZZAZIONE FISICA DI SISTEMI LIPIDICI UNILAMELLARI E DI PROTEINE.....	79
7.2	PROPRIETA' FISICHE DI SISTEMI MODELLO DI BIOMEMBRANE	79
7.2.1	Effetto delle dimensioni sulle proprietà fisiche di soprastrutture molecolari di lipidi/polimero lipidi: uno studio di ESR	79
7.3	STABILITA' TERMICA DI PROTEINE MUTATE	80
7.3.1	Studio spettroscopico e calorimetrico sulla stabilità termica della Cys3Ala/Cys26Ala Azurina mutata	80
	<i>Pubblicazioni</i>	82

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 Sub-Nucleare*
- 7. Fisica Teorica*

Sono istituiti, presso il Dipartimento, una Unità di ricerca dell'Istituto Nazionale per la Fisica della Materia (INFN) ed un Gruppo collegato dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), che contribuiscono al potenziamento dei mezzi di ricerca ed 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 '98/99.

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 5 nodi di networks europei: Astrofisica del Plasma, Ferro-elettrici, Ottica e Cristalli Liquidi, dell'ultimo è anche coordinatore europeo.

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. Sono inoltre attivati presso il Dipartimento il Dottorato di Ricerca in Fisica e il Diploma universitario in Scienza dei Materiali.

Infine vi è da notare come il Dipartimento sia interessato e ben inserito nell'istituendo Parco Scientifico e Tecnologico della Calabria ed anzi, tramite l'Unità INFN è responsabile dell'avvio del Centro di Cooperazione Università-Centri di Ricerca Imprese ed affidatario del Laboratorio di Prototipi.

Tutto ciò a fronte di sole 33 unità di personale docente e ricercatore e 18 unità di personale tecnico.

Se si considera che tale attività di ricerca è nel contempo affiancata da una attività didattica, che oltre al corso di Laurea in Fisica, si estende su altri 9 corsi di laurea delle Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali, Farmacia ed Ingegneria, nonché a 3 corsi di Diploma Universitario, si comprende che tutto ciò sarebbe irrealizzabile se non sostenuto da un grande entusiasmo e dalla convinzione che esistano le motivazioni ed i presupposti per un rapido sviluppo del Dipartimento.

*Il Direttore
Prof. Giovanni Falcone*

ORGANI DEL DIPARTIMENTO

Direttore: Giovanni FALCONE

Giunta: Renzo ALZETTA, Rosa BARTUCCI, Antonino OLIVA,
Guido RUSSO, Nicola SCARAMUZZA

Consiglio di Dipartimento:

6 Professori Ordinari

13 Professori Associati

13 Ricercatori

4 Rappresentanti dei Dottorandi di Ricerca

6 Rappresentanti del Personale tecnico ed amministrativo

Segretario Amministrativo:

Giocondo PERRI

PROFESSORI DI RUOLO

Nome Cognome e Qualifica	Settore Disciplinare	Insegnamento	Corso di Laurea
<u>Proff. Ordinari</u>			
1. Roberto BARTOLINO	B01B	Fisica	Biologia
2. Gaetano CANNELLI	B01A	Esperimentazioni Fisica I	Fisica
3. Elio COLAVITA	B01B	Fisica Sperimentale I	Geologia
4. Giovanni FALCONE	B01A	Fisica Generale II	Amb. e territorio
5. Guido RUSSO	B05X	Tecniche Astrofisiche	Fisica
6. Giancarlo SUSINNO	B01A	Fisica Superiore	Fisica
<u>Proff. Associati</u>			
1. Renzo ALZETTA	B02A	Fisica Teorica	Fisica
2. Orazio BARRA	B01A	Fisica Sperimentale II	Chimica
3. Assunta BONANNO	B01A	Fisica Generale I	Fisica
4. Enzo CAZZANELLI	B03X	Lab. di Fisica della materia	Fisica
5. Roberto FIORE	B02A	Teoria dei Campi	Fisica
6. Laura LA ROTONDA	B01A	Fisica Generale I	Chimica
7. Antonino OLIVA	B01A	Fisica Generale II	Fisica
8. Luigi PAPAGNO	B01A	Fisica II	Chimica
9. Francesco PIPERNO	B03X	Struttura della Materia	Fisica
10. Luigi SPORTELLI	B01B	Biofisica	Fisica
11. Cesare UMETON	B03X	Ottica Quantistica	Fisica
12. Pierluigi VELTRI	B05X	Astrofisica	Fisica
13. Galileo VIOLINI	B02A	Istituzioni Fisica Teorica	Fisica

RICERCATORI

Settore disciplinare

1. Rosa BARTUCCI	B01B
2. Michele CAMARCA	B01A
3. Lorenzo CAPUTI	B01A
4. Vincenzo CARBONE	B01A
5. Gennaro CHIARELLO	B03X
6. Gabriella CIPPARRONE	B01A
7. Francesco MALARA	A03X
8. Alessandro PAPA	B02A
9. Nicola SCARAMUZZA	B01A
10. Marco SCHIOPPA	B01A
11. Carlo VERSACE	B01A
12. Fang XU	B01A
13. Gaetano ZIMBARDO	B05X

DOTTORANDI

(XII ciclo)

1. Fabrizio CAMETTI
2. Paolo GIULIANI
3. Antonio LAGATTA
4. Francesco PLASTINA
5. Antonio SINDONA

(XIII Ciclo)

1. Maria P. DE SANTO
2. Raffaele LE PERA
3. Raffaele MARSICO
4. Roberta MAZZUCA
5. Giuseppe STRANGI

(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

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. Silvio PALDINO
7. Manlio RENZELLI
8. Angela TROMBINO (Responsabile)

Laboratori Didattici

9. Mario LOMBARDI
10. Giovanni VIAPIANA (Responsabile)

Strutture di Calcolo

11. Nicola GUARRACINO (Responsabile)
12. Fedele STABILE

Laboratori di ricerca

Fisica e Biofisica Molecolare

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

Interazione Ioni-Materia e Spettroscopia Elettronica di Superficie

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

Alte Energie

17. Francesco SCIOMMARELLA
18. Francesco PELLEGRINO

Il Dipartimento di Fisica ospita una sezione distaccata dell'INFM con il seguente personale:
Sonia VIVONA (Assistente Amministrativo - INFM distaccata)
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: 3187

ALZETTA Renzo	3168	PECORA Gaspare	3162
BARBERI Riccardo	3161-839398	PELLEGRINO Francesco	3175-839410
BARRA Orazio	3028	PERRI Giocondo	3157
BARTOLINO Roberto	3011-839398	PIPERNO Franco	3028
BARTUCCI Rosina	3135-3073	PRETE Carmine	3077-839398
BELLECCI Carlo	4366	RENZELLI Manlio	3153
BONANNO Assunta	3167-3155	RUSSO Guido	3010
BOZZARELLO Antonio	3130	SCARAMUZZA Nicola	3136-839398
CAMARCA Michele	3167-3155	SCHIOPPA Marco	3033-839410
CANNELLI Gaetano	3010	SCIOMMARELLA Francesco	3026
CAPUTI Lorenzo	3035-839046	SPORTELLI Luigi	3131-3073
CARBONE Vincenzo	3136	STABILE Fedele	3180
CAZZANELLI Enzo	3135-839398	SUSINNO Giancarlo	3407-839410
CHIARELLO Gennaro	3035-3175	TROMBINO Angela	3153
CIPPARRONE Gabriella	3260-839398	UMETON Cesare	3260-839398
COLAVITA Elio	3170-3175	VELTRI Pierluigi	3171-3172
DE NARDO Bruno	3177-839398	VERSACE Carlo	3161-839398
DE ROSE Luigina	3156	VIOLINI Galileo	3407
FABIO Vito	3155	VIVONA Sonia	3130
FALCONE Giovanni	3174	XU Fang	3033-3155
IORE Roberto	3173	VIAPIANA Giovanni	3070
GUARRACINO Nicola	3180	ZIMBARDO Gaetano	3169-3172
LA ROTONDA Laura	3025-839410		
LAMANNA Ernesto	3024-839410		
LI PRETI Eugenio	3155	<i>Centro di Calcolo</i>	<i>3181</i>
LOMBARDI Mario	3070	<i>Lab. Energetica e Ambiente</i>	<i>4366</i>
MAIDA Lidia	3154	<i>Lab. Interazione Ioni-Materia</i>	<i>3155</i>
MALARA Francesco	3169-3172	<i>Lab. Spettroscopia Elettronica</i>	<i>3175</i>
OLIVA Antonino	3132-3155	<i>Lab. Biofisica</i>	<i>3073</i>
PALDINO Silvio	3153	<i>Lab. Fisica Molecolare</i>	<i>3176</i>
PAPA Alessandro	3034	<i>Lab. Fisica Nucleare</i>	<i>3014</i>
PAPAGNO Luigi	3161-3175	<i>Lab. Ottica</i>	<i>3076</i>
PARISE Luigi	3037	<i>Modem Centro di Calcolo</i>	<i>3179</i>
		<i>Officina Fisica Nucleare</i>	<i>3166</i>
		<i>Sala Work Station</i>	<i>3172</i>
		<i>Stanza Ospiti</i>	<i>3072</i>

SEMINARI (1999)

Seminari tenuti da relatori stranieri

1. 05-05-1999
Dr. DEREK MARSH - *MPI for Biophysikalische Chemie, Abt. Sprktroskopie, Goettingen, Germany*
Biophysical studies on N-derivatized biotinyl and acyl phosphatidylethanolamines and on diacylglycerols, assembled in membranes and non-lamellar phases
2. 16-06-1999
Dr. PETER KOVACS - *Eotvos Lorand Geophysical institute, Budapest*
The Wavelet Transforms
3. 23-06-1999
Dr. PETER KOVACS - *Eotvos Lorand Geophysical Institute, Budapest*
Applications of Wavelets Transforms to Time Series
4. 13-10-1999
Dr. BORIS ERMOLAEV - *Ioffe Phys. Tech. Inst, S. Pietroburgo, Russia*
Small x behaviour of the non-singlet structure functions.
5. 02-12-1999
N.P. MERENCHOV - *Kharkov Institute of Physics and Technology, Ukraine*
Tagged photon events in deep inelastic scattering and electron-positron annihilation

Seminari tenuti da relatori italiani

1. 07-01-1999
Dr. SANDRA SAVAGLIO - *Space Telescope Science Institute, Baltimora (USA)*
Tasso di formazione stellare nell'universo

2. 21-01-1999
Prof. ANGELO VULPIANI - *Università "La Sapienza", Roma*
Caos deterministico e rumore: analisi dati

3. 22-01-1999
Dr. GUIDO BOFFETTA - *Università di Torino*
Turbolenza ed intermittenza in electroni-MHD

4. 12-03-1999
Prof. GIANCARLO ALFONZI - *Dip. Difesa del Suolo, Università della Calabria*
Strutture coerenti nei fluidi in condizioni di turbolenza completamente sviluppata

5. 15-03-1999
Dr. ERMANNO PIETROPAOLO – *Università di L'Aquila*
Wavelets e dintorni

6. 21-6-99
Dr. ALBERTO GARFAGNINI - *Università di Amburgo, Germania*
Silicon detectors: principle of operation

7. 22-06-19
Dr. ALBERTO GARFAGNINI - *Università di Amburgo, Germania*
The ZEUS microvertex detector

8. 14-10-1999
Dr.ssa SILVIA SORIA
Pattern formation in a Natterer tube

9. 24-11-1999
Prof. GIAN PAOLO BRIVIO - *Università di Milano Bicocca*
Aspetti fisici fondamentali del fenomeno dell'adsorbimento

10. 25-11-1999

Dott. PAOLO CIAFALONI - *Università di Lecce*

Leading electroweak corrections at the TeV scale

11. 14-12-1999

Dott. L. COSMAI – *INFN, Sezione di Bari*

Funzionale di Schroedinger e Struttura del Vuoto nelle Teorie di Gauge su Reticolo

12. 15-12-1999

Prof. P. CEA - *Università di Bari- INFN, Sezione di Bari*

Generazione dinamica del campo magnetico primordiale mediante domini magnetici

TESI DI LAUREA ANNO SOLARE 1999

Seduta del 17.3.1999

1. Francesca ZACCARO *Telerilevamento attivo a microonde: Applicazione al miglioramento di un modello digitale di un terreno*
RELATORE: prof. Fabrizio FERRUCCI

2. Daniela PACILE' *Spettroscopia di perdita di energia degli elettroni nell'analisi di sensori di gas a base di ossido di ferro*
RELATORE: prof. Lorenzo CAPUTI

3. Pasquale BARONE *Eccitazione di plasmoni in interazioni ioni lenti-superficie*
RELATORE: prof. Antonino OLIVA

4. Grazia RUSSO *Studio della dinamica non lineare indotta da un fascio laser in cristalli liquidi nematici*
RELATORE: dr.ssa Gabriella CIPPARRONE

Seduta del 11/5/99

5. Massimo CONFORTI *L'equazione "F=MA" ottica*
RELATORE: prof. Giovanni FALCONE

6. Adele SARICA *Progetto e realizzazione della stazione di test per il controllo di qualità dei tubi a deriva delle camere di precisione dello spettrometro per muoni di ATLAS*
RELATORE: dott. Marco SCHIOPPA

7. Antonietta MERCURI *Studio delle proprietà elettro-ottiche ed elettriche di un cristallo liquido nematico ad alta anisotropia dielettrica negativa e sue miscele*
RELATORE: dott. Nicola SCARAMUZZA

8. Mariangela INFORTUNA *Caratterizzazione delle proprietà elettro-ottiche dei nuovi cristalli liquidi non polari e studio preliminare di miscele cristallo liquido-polimero con gradiente di polimerizzazione*
RELATORE: dott. Nicola SCARAMUZZA
9. Fabio LEPRETI *Analisi dei dati del telescopio solare Themis: caratterizzazione delle strutture fotosferiche a piccola scala*
RELATORE: dott. Vincenzo CARBONE
10. Francesco Vincenzo BRUNO *Realizzazione ed utilizzo di un sistema calorimetrico fotopiroelettrico per lo studio del comportamento critico dei parametri termici alla transizione di fase in materiali mesogenesi*
RELATORE: dott. Ugo ZAMMIT
11. Carmen Maria Elena GENOVA *Monitoraggio di inquinanti atmosferici*
RELATORE: prof. Carlo BELLECCI
- Seduta del 12/5/99**
12. Pasquale PAGLIUSI *Studio di fenomeni di memoria ottica in materiali liquido-cristallini polidispersi*
RELATORE: dr.ssa Gabriella CIPPARRONE
13. Antonio DE LUCA *Studio dell'interazione tra impulsi laser corti e materiali liquido cristallini: effetti lineari e non lineari*
RELATORE: prof. Cesare UMETON
14. Michele LANZILLOTTA *Alcuni teoremi sulla contestualità e non località nella teoria quantistica*
RELATORE: dott. Giuseppe NISTICO'

15. Patrizia Carmen FANELLO *Osservazione della dinamica vulcanica mediante tecniche di telerilevamento satellitare multispettrale*
RELATORE: prof. Fabrizio FERRUCCI

Seduta del 27/10/99

16. Bruno ZAPPONE *Ottica di campo vicino ed applicazioni alle tecniche SNOM*
RELATORE: prof. Roberto BARTOLINO
17. Giovanni CARBONE *Studio e realizzazione di un dispositivo di microscopia ottica in campo vicino*
RELATORE: prof. Roberto BARTOLINO
18. Giorgio REGNOLI *Caratterizzazione della turbolenza magnetica in un plasma di fusione*
RELATORE: dott. Vincenzo CARBONE
19. Bruno RIZZUTI *Dinamica molecolare simulata dell'azurina in forma nativa ed in assenza del ponte disolfuro*
RELATORE: prof. Luigi SPORTELLI

TESI DI DOTTORATO ANNO 1999 (XII Ciclo)

1. Fabrizio CAMETTI *MHD Turbulence in Laboratory and Space Plasma*
SUPERVISORE: prof. Pierluigi VELTRI

2. Paolo GIULIANI *Shell Models of MHD turbulence cascade*
SUPERVISORE: prof. Pierluigi VELTRI

3. Antonio LAGATTA *Quark mass top reconstruction and spin polarization studies in d -
lepton $\bar{t}t$ events at the ATLAS experiments*
SUPERVISORE: prof. Giancarlo SUSINNO

4. Francesco PLASTINA *Quantum interference in radioactive processes*
SUPERVISORE: prof. Franco PIPERNO

5. Antonello SINDONA *Non adiabatic phenomena at surface*
SUPERVISORE: prof. Giovanni FALCONE

1 ASTROFISICA

La ricerca in Astrofisica nel Dipartimento di Fisica dell'Università della Calabria è articolata in tematiche che si differenziano o per l'oggetto dell'indagine o per gli strumenti di indagine utilizzati:

1.1 I PLASMI IN ASTROFISICA

Ricercatori: Pierluigi Veltri

Francesco Malara

Vincenzo Carbone

Gaetano Zimbardo

Assegnisti: Leonardo Primavera

Pommois Pierre

Dottorandi: Fabrizio Cametti

Paolo Giuliani

Antonella Greco

Luca Sorriso-Valvo

Laureandi: Fabio Lepreti

Collaboratori: R. Bruno (*IFSI - CNR, Frascati*)

F. Berrilli (*Università "Tor Vergata", Roma*)

G. Consolini (*IFSI - CNR, Frascati*)

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 maggior parte 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.

Il gruppo di Plasmisti 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) 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 1999 sono indicati nel seguito.

1.1.1 Turbolenza MHD associata all'instabilità parametrica

Le proprietà della turbolenza MHD possono dipendere dalla particolare instabilità che nella sua fase nonlineare ha generato la turbolenza stessa. L'evoluzione nonlineare dell'instabilità parametrica è stata studiata numericamente, partendo da uno spettro iniziale di onde di Alfvén a larga banda, come si può supporre essere quello del vento solare. Si è 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 rispetto al campo magnetico, dà origine ad uno spettro che presenta le caratteristiche principali di quello osservato nel vento solare nei getti veloci del vento solare.

1.1.2 Dissipazione di onde di Alfvén in strutture magnetiche caotiche

Abbiamo anche studiato come nelle strutture magnetiche complesse, la dissipazione delle onde di Alfvén sia determinata non solo dal meccanismo di phase-mixing, ma anche dallo stiramento delle fluttuazioni prodotto dalla separazione esponenziale delle linee di forza.

1.1.3 Strutture coerenti nella turbolenza MHD del vento solare

Abbiamo studiato numericamente l'interazione di una turbolenza alfvénica con uno strato di corrente a grande scala. Questa interazione, che dà origine a fluttuazioni comprimibili, rappresenta un modello efficace per spiegare le correlazioni tra le fluttuazioni comprimibili

osservate nello strato di corrente eliosferico. Il fatto che la distribuzione di entropia intorno allo strato di corrente eliosferico sia non omogenea, dà origine a correlazioni negative tra fluttuazioni di densità e di temperatura a piccole scale. Questi risultati sono in ottimo accordo con le misure effettuate alla frontiera dei cambiamenti di settore.

1.1.4 Leggi di scala ed intermittenza in turbolenza MHD

- Autosimilarità nella turbolenza MHD

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, autosimilarità estesa, funzioni di struttura condizionate, funzioni di distribuzione di probabilità) nell'analisi dei dati ottenuti nelle esperienze spaziali ISEE e Helios. 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) ha permesso non solo di sottolineare l'universalità della fenomenologia della turbolenza, ma anche di capire meglio il comportamento non lineare della macchina.

Infine 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.

- 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 nano-flares sia connesso all'intermittenza della turbolenza MHD presente nelle regioni attive della corona, piuttosto che a meccanismi del tipo "pila di sabbia".

1.1.5 Processi di trasporto e dinamica delle particelle cariche in un campo magnetico turbolento

- Diffusione anomala delle linee di forza magnetiche in una turbolenza anisotropa

La diffusione delle linee di forza del campo magnetico in un mezzo turbolento rappresenta una sorgente importante di trasporto anomalo sia nei plasmi di laboratorio che nella diffusione dei raggi cosmici. In molti sistemi fisici ed in particolare nel vento solare la turbolenza MHD è anisotropa. Abbiamo studiato numericamente la dipendenza dei regimi di trasporto dal livello di fluttuazioni magnetiche, sia nel caso di anisotropia nel piano perpendicolare al campo magnetico medio, che nel caso di una turbolenza assisimmetrica. Al variare del numero di Kubo sono stati trovati regimi anomali, quasilineari e percolativi.

- Dinamica delle particelle cariche in un campo magnetico turbolento

Abbiamo studiato numericamente la dinamica degli ioni in una configurazione del tipo di quella della coda lontana della terra, in presenza delle fluttuazioni magnetiche dovute all'instabilità di tearing, per modellizzare le caratteristiche più importanti della struttura di corrente per capire la topologia del trasporto del plasma in una turbolenza magnetica e la struttura fine della percolazione della corrente elettrica. Abbiamo trovato regimi di trasporto superdiffusivi e superbalistici caratterizzati dalla presenza di voli di Levy accelerati. Una conducibilità non locale e non lineare risulta essere necessaria per descrivere la risposta degli ioni al campo elettrico.

A PUBBLICAZIONI SU RIVISTE

A.1 Pubblicazioni su riviste internazionali

A.1.1 Pubblicazioni su riviste internazionali stampate nel 1999

1. Pommois P., Veltri P., and Zimbardo G., *Anomalous and Gaussian transport regimes in anisotropic three-dimensional magnetic turbulence*, Physical Review E 59, 2244-2252 (1999).
2. Veltri P., *MHD Turbulence in the Solar Wind: Self-similarity, intermittency, coherent structures*, Plasma Physics and Controlled Fusion, 41, A787 - A795 (1999)
3. Malara F., Primavera L., Veltri P., *Effects of entropy inhomogeneity on density-temperature correlation in solar wind*, Phys. Rev. E, 59, 6023-6031 (1999).
4. Sorriso-Valvo, L. Carbone, V. Veltri P., Consolini, G., Bruno, R., *Intermittency in the solar wind turbulence through probability distribution functions of fluctuations*, Geophys. Res. Lett., 26, 1801-1804 (1999).
5. Bruno R., Bavassano B., Pietropaolo E., Carbone V., Veltri P., *Effects of intermittency on interplanetary velocity and magnetic field fluctuations anisotropy*, Geophys. Res. Lett., 26, 3185-3188 (1999)
6. Berrilli F., Florio A., Consolini G., Ermolli I., Pietropaolo E., Bavassano B., Bruno R., Carbone V., Mainella G., Briand C., Ceppatelli G., *Dependence of the photospheric vertical flow characteristics on the granule dimension*, Astron. Astrophys., 344, L29-L32 (1999).
7. Consolini G., Carbone V., Berrilli F., Bruno R., Bavassano B., Mainella G., Pietropaolo E., Florio A., Ermolli I., Briand C., Ceppatelli G., *Scaling behavior of*

- the vertical velocity field on the solar photosphere*, *Astron. Astrophys.*, 344, L33-L36 (1999).
8. Boffetta G., Carbone V., Giuliani P., Veltri P., Vulpiani A., *Power laws in solar flares: Self-Organized Criticality or Turbulence?*, *Phys. Rev. Lett.*, 83, 4662-4665 (1999).
 9. Rüdiger G., Primavera L., Arlt R., Elstner D., *Magnetic shear flow instability in thin accretion disks*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 306, 913-918 (1999).
 10. Veltri P., Malara F., Primavera L., *Nonlinear Alfvén wave interaction with large scale heliospheric current sheet*, *Springer Lectures Notes in Physics*, 536, 222-250 (1999).
 11. Giuliani P., *Shell models for magnetohydrodynamic turbulence*, *Springer Lectures Notes in Physics*, 536, 331-344 (1999)

A.1.2 Pubblicazioni su riviste internazionali accettate nel 1999.

1. Zimbardo G., Greco A., Veltri P., *Superballistic transport in tearing driven magnetic turbulence*, *Phys. Plasmas.*, 7, 1071- 1074 (2000).
2. Zimbardo G., Veltri P., Pommois P., *Anomalous, quasilinear, and percolative regimes for magnetic field line transport in axially symmetric turbulence*, *Phys. Rev. E* 61, 1940-1948 (2000).
3. Malara F., Petkaki P., Veltri P., *Dissipation of Alfvén waves in force-free magnetic fields: competition between phase-mixing and 3D effects*, *Astrophys. J.*, 533, 523-534 (2000).

4. Carbone V., Regnoli G., Martines E., Antoni V., *Intermittency and self-similarity in plasma edge fluctuations*, Phys. Plasmas, 7, 445-447 (2000).
5. Giuliani P., Carbone V., Veltri P., Boffetta G., Vulpiani A., *Waiting time statistics in solar flares*, Physica A, 280, 75-80 (2000)
6. Zimbardo G., Pommois P., Veltri P., *The Kubo number as a parameter governing the level of chaos in magnetic turbulence*, Physica A, 280, 99-105 (2000)
7. F. Lepreti, V. Carbone, E. Pietropaolo, G. Consolini, R. Bruno, B. Bavassano, F. Berrilli, *Multifractal structure of the dissipation field of intensity fluctuations in the solar photosphere*, Physica A, 280, 88-92 (2000).
8. Milovanov A.V., Zimbardo G., *Percolation in Random Scalar Fields: Topological Aspects and Numerical Modeling*, Physical Review E, in corso di stampa (2000).
9. Carbone V., Sorriso-Valvo L., Antoni V., Martines E., Veltri P., *Intermittency and turbulence in a magnetically confined fusion plasma*, Phys. Rev. E, in corso di stampa (2000).
10. Malara F., Primavera L., Veltri P., *Nonlinear evolution of parametric instability of a large-amplitude nonmonochromatic Alfvén wave*, Phys. Plasmas, in corso di stampa (2000).
11. Cametti F., Carbone V., Martines E., Serianni G., Antoni V., Veltri P., *Short-living events in reversed field pinch plasma turbulence*, Europhys. Lett., inviato per pubblicazione (2000)
12. Greco A., Veltri P., Zimbardo G., Taktakishvili A. L., Zelenyi L. M., *Numerical simulation of ion dynamics in the magnetotail magnetic turbulence: on*

collisionless conductivity, Nonlinear Processes in Geophysics, inviato per pubblicazione (2000).

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 1999

1. Petkaki P., Malara F., Veltri P. - *Dissipation of Alfvén waves in 3D magnetic structures* - Proceedings of the International Symposium on Astrophysics Research and Science Education, Castel Gandolfo, Italy, June 1998, C.Impey Ed., Publications of the Vatican Observatory (Specola Vaticana), pp. 292-296 (1999).
2. Malara F., *Theoretical aspects of MHD turbulence in the presence of large scale structures* - in "Solar Wind Nine", Proceedings of the Ninth International Solar Wind Conference, S.R.Habbal, R. Esser, J. V. Hollweg Eds., AIP Press, pp.155-160 (1999).
3. Malara F., Veltri P., Petkaki P. - *Fast dissipation of Alfvén waves in 3D force-free magnetic structures* - in "Solar Wind Nine", Proceedings of the Ninth International Solar Wind Conference, S.R.Habbal, R. Esser, J. V. Hollweg Eds., AIP Press, pp.353-356 (1999).
4. Veltri P., Mangeney A. - *Scaling Laws and Intermittent Structures in Solar Wind MHD Turbulence* - Solar Wind Nine, Proceedings of the Ninth International Solar Wind Conference, S.R.Habbal, R. Esser, J. V. Hollweg Eds., AIP Press, pp.543-546 (1999).
5. Pommois P., Veltri P., Zimbardo G. - *Magnetic field line transport in the solar wind anisotropic turbulence* - Solar Wind Nine, Proceedings of the Ninth International Solar Wind Conference, S.R.Habbal, R. Esser, J. V. Hollweg Eds., AIP Press, pp.547-550 (1999).

6. Bruno R., B. Bavassano, E. Pietropaolo, V. Carbone – “*On the radial evolution of the anisotropy of solar wind fluctuations*”- Solar Wind Nine, Proceedings of the Ninth International Solar Wind Conference, S.R.Habbal, R. Esser, J. V. Hollweg Eds., AIP Press, pp.539-542 (1999).
7. G. Consolini, F. Berrilli, E. Pietropaolo, R. Bruno, V. Carbone, B. Bavassano, G. Ceppatelli - *Characterization of the Solar Photospheric Velocity Field: a New Approach* - Proceedings of 9th European Meeting on Solar Physics: Magnetic Fields and Solar Processes, ESA SP-448, Vol. 1, pp 209-213 (1999).
8. F. Berrilli, A. Florio, G. Consolini, E. Pietropaolo, R. Bruno, V. Carbone, G. Ceppatelli – *Dynamics of the Photospheric Vertical Flow* - Proceedings of 9th European Meeting on Solar Physics: Magnetic Fields and Solar Processes, ESA SP-448, Vol. 1, pp 229-233 (1999).
9. F. Lepreti, V. Carbone, G. Consolini, F. Berrilli, R. Bruno, B. Bavassano, G. Ceppatelli, G. Mainella, E. Pietropaolo - *Power spectra and multifractal structure of the intensity fluctuations in the solar photosphere* - Proceedings of 9th European Meeting on Solar Physics: Magnetic Fields and Solar Processes, ESA SP-448, Vol. 1, pp. 327-331 (1999).
10. Malara F., Veltri P., Petkaki P. - *Effects of 3D Topology in the Dissipation of Alfvén Waves Propagating in Force-Free Magnetic Equilibria* - Proceedings of 9th European Meeting on Solar Physics: Magnetic Fields and Solar Processes, ESA SP-448, Vol 1, pp 333-338 (1999).
11. V. I. Abramenko, V. B. Yurchyshyn, V. Carbone – *Flare Associated Changes in the Helicity of the Solar Magnetic Field* - Proceedings of 9th European Meeting on Solar Physics: Magnetic Fields and Solar Processes, ESA SP-448, Vol. 2. pp 679-684 (1999)

12. P. Giuliani, V. Carbone, P. Veltri, G. Boffetta, A. Vulpiani – *Self-Organized Criticality and Turbulence: Analysis and Comparison in the Flare Statistics* – Proceedings of 9th European Meeting on Solar Physics: Magnetic Fields and Solar Processes, ESA SP-448, Vol. 2, pp. 823-827 (1999)
13. Pommois P., Veltri P., Zimbardo G. - *Transport of magnetic field lines in the solar wind magnetic turbulence and influence on particle propagation to high heliographic latitudes* - Proceedings of 9th European Meeting on Solar Physics: Magnetic Fields and Solar Processes, ESA SP-448, Vol. 2, pp. 1115-1121 (1999).
14. R. Bruno, B. Bavassano, L. Bianchini, E. Pietropaolo, U. Villante, V. Carbone, P. Veltri – *Solar Wind Intermittency studied via Local Intermittency Measure* - Proceedings of 9th European Meeting on Solar Physics: Magnetic Fields and Solar Processes, ESA SP-448, Vol. 2, pp. 1147-1152 (1999)
15. Primavera L., Malara F., Veltri P. - *Numerical Simulations of the Parametric Instability in the Solar Wind* - Proceedings of 9th European Meeting on Solar Physics: Magnetic Fields and Solar Processes, ESA SP-448, Vol. 2, pp. 1199-1204 (1999).

B.1.2 Memorie accettate su Atti di Congressi Internazionali nel 1999

1. Pommois P., Veltri P., Zimbardo G. - *Diffusive and anomalous magnetic field line transport in anisotropic turbulence* - Proceedings of Nonlinear Variability in Geophysics and Astrophysics 4, 13-17 luglio 1998, Roscoff, France, in press (1999).

C RELAZIONI SU INVITO

C.1 Relazioni su invito a Congressi Internazionali

1. V. Carbone, L. Sorriso-Valvo, P. Veltri, V. Antoni, E. Martines: *“Intermittency and Turbulence in Reverse Field Pinch”*, TTF Turbulence Workshop, Padova, 3-4 Marzo 1999
2. V. Carbone: *“Turbulence in plasmas”*, 1999 EASTER Plasma Meeting on: *“Nonlinear phenomena in Fluids and Plasmas”*, Villa Gualino, Torino, Italia, 7-9 April 1999
3. P. Veltri: *“Intermittency and self-similarity in MHD Turbulence: what we have learned from space data analysis”*. The 8th European Fusion Theory Conference, Como, Italia, 27 ottobre – 29 ottobre 1999

C.2 Relazioni su invito a Congressi Nazionali

1. P. Veltri: *“Meccanismi di riscaldamento nei plasmi astrofisici ad elevati numeri di Reynolds”*, Società Italiana di Fisica, LXXXV Congresso Nazionale, Pavia, Italia, 20 settembre - 25 settembre 1999

D COMUNICAZIONI A CONGRESSI

D.1 Interventi a Congressi Internazionali

1. F. Lepreti: *“Analysis of THEMIS-IPM images of the solar granulation”*. 1999 EASTER Plasma Meeting on: *“Nonlinear phenomena in Fluids and Plasmas”*, Villa Gualino, Torino, Italia, 7-9 April 1999
2. P. Pommois, P. Veltri and G. Zimbardo: *“Anomalous quasi-linear, and percolative regime for magnetic field lines transport in axially symmetric turbulence”*, 1999 EASTER Plasma Meeting on: *“Nonlinear phenomena in Fluids and Plasmas”*, Villa Gualino, Torino, Italia, 7-9 April 1999

3. G. Boffetta, V. Carbone, P. Giuliani, P. Veltri, A. Vulpiani: “*Power laws in solar flares: SOC or turbulence?*”; 1999 EASTER Plasma Meeting on: “Nonlinear phenomena in Fluids and Plasmas”, Villa Gualino, Torino, Italia, 7-9 April 1999
4. G. Zimbardo, A. Greco, P. Veltri, A. Milovanov, A. Taktakishvili, L. Zelenyi: “*Anomalous ion transport in tearing driven magnetic turbulence*”. 1999 EASTER Plasma Meeting on: “Nonlinear phenomena in Fluids and Plasmas”, Villa Gualino, Torino, Italia, 7-9 April 1999
5. P. Veltri, G. Zimbardo, A. Greco, A.L. Taktakishvili, L.M. Zelenyi: “*Numerical simulation of ion dynamics in the magnetotail magnetic turbulence*”; European Geophysical Society XXIV General Assembly, L’Aia, Paesi Bassi, 19-23 Aprile 1999
6. P. Pommois, P. Veltri, G. Zimbardo: “*Percolation scaling of magnetic field line diffusion coefficient in the solar wind turbulence*”; European Geophysical Society XXIV General Assembly, L’Aia, Paesi Bassi, 19-23 Aprile 1999
7. A. Greco, P. Veltri, G. Zimbardo, A.V. Milovanov, L.M. Zelenyi, A.L. Taktakishvili: “*Non local conductivity in the distant magnetotail: analytical and numerical studies*”; European Geophysical Society XXIV General Assembly, L’Aia, Paesi Bassi, 19-23 Aprile 1999
8. G. Zimbardo, P. Veltri, P. Pommois: “*On the propagation of particles accelerated by corotating interaction regions to high heliographic latitudes*”. European Geophysical Society XXIV General Assembly, L’Aia, Paesi Bassi, 19-23 Aprile 1999
9. L. Sorriso-Valvo, V. Carbone, P. Veltri, R. Bruno, V. Antoni, E. Martines: “*Characterization of intermittency in plasmas through the PDFs of the turbulent*

- fluctuations*". Symposium on Intermittency - The Isaac Newton Institute for Mathematical Sciences - Cambridge (UK), 21-24 Giugno 1999
10. F. Malara, P. Veltri, P. Petkaki: "*Effects of 3D topology in the dissipation of Alfvén waves propagating in force-free magnetic equilibria*"; 9th European Meeting on Solar Physics: "Magnetic Fields and Solar Processes" - Firenze, 12-18 Settembre 1999
 11. L. Primavera, F. Malara, P. Veltri: "*Numerical simulations of the parametric instability in the solar wind*"; 9th European Meeting on Solar Physics: "Magnetic Fields and Solar Processes" - Firenze, 12-18 Settembre 1999
 12. P. Pommois, P. Veltri, G. Zimbardo: "*Transport of magnetic field lines in the solar wind magnetic turbulence and influence on particle propagation to high heliographic latitudes*"; 9th European Meeting on Solar Physics: "Magnetic Fields and Solar Processes" - Firenze, 12-18 Settembre 1999
 13. F. Lepreti, V. Carbone, G. Consolini, F. Berrilli, R. Bruno, B. Bavassano, G. Ceppatelli, G. Mainella, E. Pietropaolo: "*Power spectra and multifractal structure of the intensity fluctuations in the solar photosphere*", 9th European Meeting on Solar Physics: "Magnetic Fields and Solar Processes" - Firenze, 12-18 Settembre 1999
 14. G. Zimbardo, P. Pommois, P. Veltri: "*The Kubo number as a parameter governing the level of chaos in magnetic turbulence*". 2-nd G. Paladin memorial: "Statistical mechanics and strongly correlated systems" - La Sapienza Roma, 27-29 Settembre 1999
 15. V. Carbone, S. Savaglio: "*Athletic performances*", International Conference on "Statistical Mechanics and Strongly Correlated Systems", 2-th G. Paladin Memorial, Università "La Sapienza", Roma, 27-29 Settembre 1999.

16. G. Consolini, R. Bruno, B. Bavassano, V. Carbone, F. Lepreti, F. Berrilli, E. Pietropaolo, G. Ceppatelli: “*Extended self-similarity of the vertical velocity field in the solar photosphere*”, International Conference on “Statistical Mechanics and Strongly Correlated Systems”, 2-th G. Paladin Memorial, Università “La Sapienza”, Roma, 27-29 Settembre 1999.

D2. Interventi a Congressi Nazionali

1. F. Lepreti: “*Analisi dei dati del telescopio solare THEMIS: caratterizzazione delle strutture fotosferiche a piccola scala*” Riunione nazionale sul telescopio solare THEMIS, Firenze, Italia, 16 febbraio 1999
2. A. Greco: “*Superballistic transport in a magnetic field reversal with magnetic turbulence: numerical study and statistical interpretation*”. “Dissipazione e processi non lineari nei plasmi astrofisici”, Pisa, Italia, 18-19 Marzo 1999
3. L. Sorriso-Valvo: “*Intermittency in the solar wind through probability distribution functions of fluctuations*”. “Dissipazione e processi non lineari nei plasmi astrofisici”, Pisa, Italia, 18-19 Marzo 1999
4. P. Giuliani: “*A shell model for MHD turbulence: an application to solar flare statistics*”. “Dissipazione e processi non lineari nei plasmi astrofisici”, Pisa, Italia, 18-19 Marzo 1999
5. A. Greco: “*Analisi statistica del trasporto degli ioni nella coda magnetica terrestre*”; Scuola Nazionale di Astrofisica - Carloforte (CA), 7-12 Giugno 1999
6. L. Sorriso-Valvo: “*Turbolenza nel vento solare*”. Scuola Nazionale di Astrofisica - Carloforte (CA), 7-12 Giugno 1999

7. A. Greco: *“Superballistic transport in a magnetic field reversal with numerical study and statistical interpretation”*; I.N.F.M. Meeting 1999 - Catania, 14-18 Giugno 1999
8. L. Sorriso-Valvo, V. Carbone, P. Veltri, P. Giuliani, R. Bruno, V. Antoni, E. Martines: *“Characterization of the intermittency in plasmas through the probability distribution functions of the turbulent fluctuations”*; I.N.F.M. Meeting 1999 - Catania, 14-18 Giugno 1999
9. G. Zimbardo, P. Veltri, P. Pommois: *“Anomalous, Quasilinear and Percolative regimes for magnetic field lines transport in axially symmetric turbulence”*. I.N.F.M. Meeting 1999 - Catania, 14-18 Giugno 1999
10. G. Zimbardo, P. Veltri, P. Pommois, V. Carbone, F. Malara, L. Primavera, F. Cametti, P. Giuliani, L. Sorriso-Valvo, A. Greco, F. Lepreti, G. Regnoli: *“Magnetic turbulence in the solar wind: Predictions for energetic propagation from the Sun to the Earth”*. CNR meeting: Relazioni Sole-Terra e “Space Weather”: Aula Marconi Roma, 17 Novembre 1999.

2 **FISICA TEORICA DELLE ALTE ENERGIE**

Il lavoro di ricerca del gruppo di Fisica teorica delle Alte Energie si è svolto in collaborazione con altri gruppi teorici universitari nazionali, esteri e laboratori e centri internazionali.

Le ricerche hanno utilizzato le risorse di calcolo elettronico del dipartimento e dell'INFN-Gruppo collegato di Cosenza, per calcoli numerici, test e simulazioni di Montecarlo delle teorie e dei modelli presi in esame

Le ricerche riguardano le interazioni forti, in particolare la fenomenologia adronica, la QCD, l'interazione K-N e dei canali ad essa associati ($p\Lambda$ e $p\Sigma$), lo studio delle teorie di su reticolo.

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, Alessandro Papa

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

Si è considerata la generalizzazione dell'equazione BFKL per il caso di diffusione a momento trasferito non nullo. Sono state ottenute le equazioni di "bootstrap" per la Reggeizzazione del gluone all'ordine logaritmico successivo a quello dominante per il kernel e per i fattori di impatto. E' stato calcolato il contributo al kernel dell'equazione BFKL generalizzata della produzione di una coppia quark-antiquark, per arbitraria rappresentazione del gruppo di colore. E' stato dimostrato che, per il contributo dei quark, l'equazione di bootstrap per il kernel è verificata.

2.1.2 **Fenomenologia adronica**

Ricercatore: Roberto Fiore

Collaboratori: F. Paccanoni (*Università di Padova*)

L. Jenkovszky (*Bogoliubov Institute of Theoretical Physics, Kiev, Ucraina*)

V. Magas (*Università di Bergen, Norvegia*)

E' stata studiata la fotoproduzione diffrattiva esclusiva di mesoni vettoriali pesanti (ϕ , J/ψ and Υ) con un modello basato sullo scambio di un Pomerone di dipolo con un vertice anelastico fotone-Pomerone-mesone. Il modello è stato confrontato con i dati relativi alle

sezioni d'urto $d\sigma/dt$ e σ_{el} a $Q^2=0$ ed oltre la regione di soglia. Si è trovato che la sezione d'urto elastica mostra una crescita moderata nel range di energie di HERA e che l'appiattimento della "slope" $B(s)$ per la J/ψ non è correlato con la pendenza della traiettoria del Pomerone. E' stata analizzata la reazione protone + antiprotone \rightarrow antiprotone + X ed è stato trovato che l'unitarietà è soddisfatta senza disaccoppiamento del vertice triplo di Pomerone.

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 a temperatura finita su reticolo

Ricercatore: Roberto Fiore, Alessandro Papa

Collaboratori: F. Gliozzi, P. Provero (*Università di Torino*)

F. Farchioni (*Università di Berna - Svizzera*)

Usando la congettura di Svetitsky-Yaffe si sono ottenuti risultati esatti sul comportamento critico della teoria di gauge $SU(2)$ in $d=3$ alla transizione di deconfinamento a temperatura finita, attraverso mappatura nel modello di Ising bidimensionale. In particolare, è stata considerata la legge di scala a volume finito per l'operatore "plaquetta" e sono state ottenute predizioni esatte per la dipendenza del suo valore di aspettazione dalla dimensione e dalla forma del reticolo, in completo accordo con i risultati delle simulazioni Monte Carlo.

Sono state studiate su reticolo le soluzioni classiche di tipo istantonico dell'azione al punto fisso di una trasformazione di gruppo di rinormalizzazione per la teoria di gauge $SU(3)$ in $d=4$, con condizioni al contorno libere. E' stato mostrato come il miglioramento "on-shell" alla Symanzik possa essere implementato usando le proprietà dell'azione al punto fisso di una trasformazione di gruppo di rinormalizzazione. Inoltre, mediante una opportuna parametrizzazione dell'azione al punto fisso di $SU(3)$ in $d=4$, è stata determinata la tensione di superficie alla transizione di fase di deconfinamento della teoria a temperatura finita.

A PUBBLICAZIONI SU RIVISTE

A.1 Pubblicazioni su riviste internazionali

A.1.1 Pubblicazioni su riviste internazionali stampate nel 1999

1. V.S. Fadin, M.I. Kotsky, R. Fiore, A. Flachi, *Production of q anti- q pairs in reggeon collisions and its contribution to the kernel of the Balitsky-Fadin-Kuraev-Lipatov equation*. Phys. Atom. Nucl. 62:999 1007, 1999, Yad. Fiz. 62:1066-1074,1999.
2. R. Fiore, L.L. Jenkovszky, V.K. Magas, F. Paccanoni, *Fixed angle elastic hadron scattering*. Phys. Rev. D60:116003, 1999.
3. R. Fiore, L.L. Jenkovszky, F. Paccanoni, *Photoproduction of heavy vector mesons at hera: a test field for diffraction*. Eur. Phys. J. C10 (1999) 461-467.
4. V.S. Fadin, R. Fiore, A. Papa, *The quark part of the nonforward bfl kernel and the 'bootstrap' for the gluon reggeization*. Phys. Rev. D 60:074025,1999.
5. R. Fiore, L.L. Jenkovszky, F. Paccanoni, *Hadron diffraction dissociation and the triple pomeron vertex*. Heavy Ion Phys. 9 (1999) 5-14.
6. R. Fiore, A. Tiesi, L. Masperi, A. Megevand, *Effect of strong magnetic field on the first order electroweak phase transition*. Mod. Phys. Lett. a14 (1999) 407-416.
7. V.S. Fadin, R. Fiore, A. Flachi, M.I. Kotsky, *Quark-anti-quark contribution to the bfl kernel*. Phys. Lett. B422 (1998) 287-293. A12

A.1.2 Pubblicazioni su riviste internazionali accettate nel 1999.

1. V.S. Fadin, R. Fiore, M.I. Kotsky, A. Papa, *The quark impact factors*. Phys. Rev. D

2. V.S. Fadin, R. Fiore, M.I. Kotsky, A. Papa, *The gluon impact factors*. Phys.Rev.D
3. R. Fiore, A. Flachi, L.L. Jenkovszky, F. Paccanoni, A. Papa, *Triple Pomeron and Proton Diffraction Dissociation*. Phys.Rev.D

D COMUNICAZIONI A CONGRESSI

D.1 Interventi a Congressi Internazionali

1. R. Fiore, A. Tiesi, L. Masperi, A. Megevand, *Effect Of Strong Magnetic Field On The First-Order Electroweak Phase Transition*. In Copenhagen, Strong and electroweak matter* 359-363.
2. R. Fiore, L.L. Jenkovszky, V. Magas, F. Paccanoni, A. Papa, *Analytic Model Of A Regge Trajectory In The Space - Like and Timelike Regions*. Presented at International Bogoliubov Conference on Problems of Theoretical and Mathematical Physics, Moscow, Russia, 27 Sep - 6 Oct 1999
3. B. Alles, L. Cosmai, M. D'Elia, A. Papa, *Topology In $Cp(N-1)$ Models: A Critical Comparison of Different Cooling Techniques*. Poster contribution to 17th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE 99), Pisa, Italy, 29 Jun - 3 Jul 1999.

3. FISICA NUCLEARE

Le ricerche di Fisica nucleare hanno riguardato due settori diversi:

1. Teoria del Nucleo Coerente di Giuliano Preparata, applicata a vari processi nucleari, quali la condensazione del campo pionico coerente nel Nucleo e la Fisica degli Ioni pesanti ultrarelativistici, con riferimento particolare alle anomalie e agli indizi di presenza del Plasma di Quark e Gluoni.

2. Sistemi Metallo-Idrogeno per la conservazione e la produzione di energia.

Sparpagliamento profondamente anelastico anomalo di neutroni su Idruri di Palladio e di Niobio alla luce della QED Coerente di Giuliano Preparata.

3.1. NUCLEO COERENTE

Ricercatori: Renzo Alzetta
Raffaele Le Pera
Damiano Tarantino
Graziano Mileto

Collaboratori: Giuliano Preparata (*Università statale di Milano*)
Giuseppe Liberti

3.2. SISTEMI METALLO-IDROGENO.

Ricercatori: Raffaele Le Pera
Collaboratori: Giuseppe Liberti
Tommaso Caruso.

A PUBBLICAZIONI

A.1 Pubblicazioni su riviste internazionali

A.1.1 Pubblicazioni su riviste internazionali stampate nel 1999

1. R. Alzetta, T. Bubba, R. LePera, G. Liberti, G. Mileto, G. Preparata, D. Tarantino, *Coherent QED, Giant Resonances and (e+e-) Pairs in High Energy Nucleus-Nucleus Collisions*, *MITH 98/9*, Nuovo Cimento 112A, (1999), 767.
2. R. Alzetta, G. Liberti, G. Preparata, *A few simple observations on pion-condensation in nuclei*, Nuovo Cimento 112A, (1999), 1609.

D COMUNICAZIONI A CONGRESSI

D.1 Interventi a Congressi Internazionali

1. R. Alzetta, T. Bubba, R. Le Pera, G. Liberti, G. Preparata, D. Tarantino, *Giant Resonances and Low-Mass e+e- Pair Production in Relativistic Heavy Ion Collisions*, in "Measuring the size of things in the Universe", Proceedings of CRIS'98, S. Costa, S. Albergo, A. Insolia, C. Tuvé editors, World Scientific, 1999, pag.234.

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 innalzarne l'energia 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.

Nel periodo di presa dati relativo all'anno 1999 l'esperimento ZEUS ha raccolto una luminosità integrata di circa 19 pb^{-1} con positroni e di circa 12 pb^{-1} con elettroni per un totale di 36 milioni di eventi di fisica.

Durante il periodo 98-99 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, alla misura della produzione di mesoni carichi dotati di incanto e alla misura della sezione d'urto di eventi ad alti Q^2 trasferiti a corrente neutra e carica nelle interazioni profondamente anelastiche elettrone-protone.

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

Ricercatori: A. Albanese
D. Cucè
A. Lagatta
E. Lamanna
L. La Rotonda
R. Russo
A. Sarica
M. Schioppa
G. Susinno
F. Tigani
R. Vena

Tecnici: F. Pellegrino

Collaborazione internazionale

La collaborazione ATLAS propone un rivelatore finalizzato al pieno utilizzo delle potenzialità del collisionatore protone-protone 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 rivelatore di vertice ad alta risoluzione 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 1999

1. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, et al., *Measurement of inclusive $D^{*\pm}$ and associated dijet cross sections in photoproduction at HERA*, “The European Physical Journal” C6 (1999) p. 67-83.
2. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, et al., *Measurement of the E^2_T , jet/ Q^2 Dependence of Forward Jet Production at Hera*, “Physics Letters” B 474 (1999) p. 223-233.
3. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, et al., *Measurement of Dijet Photoproduction at High Transverse Energies at HERA*, “The European Physical Journal” C11 (1999) 1, 35-50
4. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, et al., *Measurement of High Q^2 Neutral-Current $e+p$ Deep Inelastic Scattering Cross Sections at HERA*, “The European Physical Journal” C11 (1999) 3, 427-445
5. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, et al., *Measurement of Multiplicity and Momentum Spectra in the Current and Target Regions of the Breit Frame in Deep Inelastic Scattering at HERA*, “The European Physical Journal” C11 (1999) 2, 251-270
6. L. La Rotonda, et al. *A more Sensitive Search for $Nu_{\mu} \rightarrow Nu_{\tau}$ Oscillations in NOMAD* - Physics Letter B 453 (1999) 169

A.1.2 Pubblicazioni su riviste internazionali accettate

1. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, et al., *Measurement of Inclusive D_s^{+-} Photoproduction at HERA*, accepted by “Physics Letters B”

2. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, et al., *Measurement of Azimuthal Asymmetries in Deep Inelastic Scattering*, accepted by “Physics Letters B”
3. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, et al., *Search for Resonanced Decaying to e^+ -jet in e^+p Interaction^s at HERA*, accepted by “The European Physical Journal”
4. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, et al., *The Q^2 Dependence of Dijet Cross Section in gamma p Interactions at HERA*, accepted by “Physics Letters B”
5. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, et al., *Measurement of Inclusive Prompt Photon Photoproduction at HERA*, accepted by “Physics Letters B”
6. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, et al., *Measurement of Spin-Density Matrix Elements in Exclusive Electroproduction of ρ^0 Mesons at HERA*, “The European Physical Journal” C12 (2000) 3, 393-410.
7. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, et al., *W Production and the Search for Events with an Isolated High Energy Lepton and Missing Transverse Momentum at HERA*, “Physics Letters B” 471 (2000) 411-428
8. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, et al., *Measurement of D^{*+} Production and the Charm Contribution to F_2 in Deep Inelastic Scattering at HERA*, “The European Physical Journal” C12 (2000) 1, 35-52.
9. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, et al., *Angular and Current-Target Correlation in Deep Inelastic Scattering at HERA*, “The European Physical Journal” C12 (2000) 1, 53-68
10. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, et al., *Measurement of High Q^2 Charged-Current $e+p$ Deep Inelastic Scattering Cross Sections at HERA*, “The European Physical Journal” C12 (2000) 3, 411-428

11. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, et al., *Measurement of Diffractive Photoproduction of Vector Mesons at Large Momentum Transfer at HERA*, accepted by "The European Physical Journal"
12. M. Capua, A. Mastroberardino, M. Schioppa, G. Susinno, et al., *Search for Contact Interactions in Deep Inelastic Scattering $e+p \rightarrow e+X$ Scattering at HERA*, accepted by "The European Physical Journal"
13. L. La Rotonda, et al. *Limit on $Nu_e \rightarrow Nu_\tau$ Oscillation from NOMAD Experiment* - Physics Letter B 471 (2000) 406-410

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 Raffaele Filosa Serafino Pascuzzi
<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 1999 sono stati eseguiti i seguenti studi:

a) **K-CO/Ni(100); Na-CO/Ni(100)**

La temperatura agisce sui sistemi K-CO/Ni(100) e Na-CO/Ni(100) influenzando la formazione di legami tra le specie chimiche K ed O adsorbite sulla superficie di Ni(100) ed il Ni stesso. Essa definisce una disposizione relativa di questi adsorbati. Tale ordine a corto, e lungo raggio, delle specie adsorbite è messo in evidenza da misure di HREELS. A bassi ricoprimenti, isole di K-CO si formano solo dopo aver riscaldato il campione fino a 420K, mentre se la superficie è ricoperta da uno strato metallico, (0,38ML K), esse crescono in modo spontaneo anche a 220K. I due picchi osservati a temperatura ambiente per ricoprimenti di potassio di 0.12ML e 0.25ML, corrispondono a molecole di CO adsorbite rispettivamente in siti vicini al metallo alcalino (energia vibrazionale minore), e lontani da questo (energia vibrazionale maggiore). Questi due picchi distinti suggeriscono la presenza in superficie di

una configurazione non uniforme di K-CO ed una limitata diffusione delle specie chimiche. Analoghi studi sul sistema Na-CO/Ni(100) hanno dato simili risultati. La teoria esistente di Christensen et al (Chem.Phys.Lett.214,443(1993)) non è in accordo con le conclusioni di questi esperimenti.

b) Dispersione del plasmone di superficie in Al(111)

La dispersione del plasmone di superficie dell'Al(111) è stata studiata per piccoli valori del \mathbf{q} trasferito lungo una direzione prossima alla linea di simmetria $\Gamma - K$. È stata usata la tecnica di energia di perdita ad alta risoluzione energetica sfruttando la possibilità di cambiare l'angolo di raccolta degli elettroni retrodiffusi. La curva di dispersione è negativa per piccoli valori del momento trasferito parallelo alla superficie, ha un minimo per $q_{\parallel} = 0.2 \text{ \AA}^{-1}$ e poi assume l'andamento positivo previsto dalla teoria. Esperimenti analoghi di letteratura su metalli alcalini mostrano una legge di dispersione negativa, mentre il risultato di letteratura su Al non è ben chiaro, tanto meno conclusivo, a detta degli stessi autori. L'interpretazione della curva di dispersione dell'Al richiede la teoria microscopica dello schermo dinamico degli elettroni alla superficie. L'andamento della curva, infatti, dipende dalla posizione, fuori o dentro la superficie, della carica di schermo alla frequenza di plasma. I nostri risultati sull'Al(111) sono in accordo con le previsioni teoriche, sviluppate, però, per il caso di metalli "free-electron", quali i metalli alcalini.

c) Evidenza del plasmone di multipolo di superficie in Al(111)

Il plasmone di multipolo è una oscillazione collettiva associata alla fluttuazione di carica della superficie. La frequenza del multipolo di superficie è compresa tra il valore della energia del plasmone di volume e del plasmone di superficie. In particolare a $q_{\parallel}=0$ si è trovato sperimentalmente che per i metalli semplici (Na,K), $\omega_m = 0.8 \omega_{\pi}$ dove ω_{μ} è la frequenza di multipolo e ω_{π} la frequenza del plasmone di volume. Il multipolo è stato predetto per tutti i metalli semplici ed in particolare per l'alluminio. Sperimentalmente può essere osservato in un esperimento di perdita di energia degli elettroni. Con questa tecnica è stato evidenziato il multipolo in films di K e Na. Gli esperimenti di perdita di energia in Al, invece, non hanno mostrato il multipolo. Nel corso del presente esperimento abbiamo ripetuto le misure di perdita di energia su un monocristallo di Al(111). Le misure sono state eseguite per diverse

geometrie di “diffusione” ed a diverse energie del fascio di elettroni primari (da 30eV a 200eV). Il multipolo è stato osservato ad una energia di 13 eV per una geometria di diffusione di $\theta_1 = 45^\circ$ e $\theta_2 = 52^\circ$ ed una energia del primario di 50eV.

d) Eccitazioni di shake-up del picco 1s di fotoemissione

Gli spettri di fotoemissione da raggi X (13,6keV e 11,85keV) del Ge e GeO₂ sono stati ottenuti a due diverse energie del fotone al Sincrotrone Europeo (ESRF). Il confronto tra gli spettri di fotoemissione e gli spettri di perdita di energia di elettroni ha permesso di identificare in modo non ambiguo alcuni satelliti di “shake-up” del picco 1s del Ge. Questa eccitazione coinvolge le eccitazioni dei livelli 3p e 3s del Ge. Si osserva, inoltre, uno spostamento energetico del picco satellite (1s 3p) andando dal Ge al GeO₂, il che mette in evidenza l’effetto della presenza dell’ossigeno.

e) Studi strutturali

Il sistema Ni(100)-c(2x2)-Sn è stato studiato con la tecnica olografica CEL-EELH (Constant Energy Loss- Electron Energy Loss Holography) dove un fascetto di elettroni colpisce il campione, e l’analizzatore per HREELS è usato per ottenere la rivelazione del segnale con risoluzione angolare. Sotto certi aspetti la tecnica è simile alla CIS-EDPD (Constant Initial State- Energy Dependent Photoelectron Diffraction) che sfrutta, invece, la radiazione di sincrotrone. La tecnica fornisce delle immagini tri-dimensionali, nello spazio reale, dell’intorno degli atomi di Sn adsorbiti sulla superficie di Ni(100). I risultati mostrano una geometria di chemisorbimento con gli atomi di Sn incorporati secondo la fase c(2x2) nella superficie di Ni(100).

f) Mobilità dell’idrogeno in metalli e semiconduttori

E’ stata investigata la dinamica dell’idrogeno, nell’intervallo di temperatura 1-300 K, in alcuni sistemi metallo-idrogeno (Y-H, Sc-H, Nb-Zr-H) ad alta capacità di accumulo dell’idrogeno e in alcuni semiconduttori di tipo “p” (Si:B, GaAs:Zn) dove il protone presenta l’interessante proprietà di inibire l’efficienza degli elementi droganti. Le tecniche di indagine impiegate sono state la spettroscopia anelastica e la resistività elettrica. Sia nei metalli che nei semiconduttori la mobilità di H può essere essenzialmente descritta secondo due regimi di

mobilità: alle temperature dell'elio liquido, tunnelling tra siti vicini coordinati con un'impurezza intrappolatrice; alle temperature dell'azoto liquido, moto più lento con un meccanismo di salto classico sovrabarriera. La mobilità dell'idrogeno nei semiconduttori risulta qualche ordine di grandezza più bassa che nei metalli. In un primo approccio interpretativo, in tutti i materiali investigati, il moto dell'idrogeno per tunnelling può essere descritto mediante la teoria del piccolo polarone di Flynn-Stoneham nell'approssimazione di alta temperatura

g) Processi di idrogenazione in metalli di transizione e terre rare

Nell'ambito della linea di ricerca è stato realizzato un apparato per la produzione di gas idrogeno ad altissima purezza. La procedura di idrogenazione di metalli e semiconduttori nella ricerca e nelle applicazioni tecnologiche richiede l'impiego di H_2 di elevata purezza per evitare la contaminazione dei materiali dovuta alle impurezze gassose contenute nello stesso gas idrogeno e desorbite dalle pareti metalliche degli apparati. Su un progetto, elaborato dall'Istituto di Fisica dell'Università di Friburgo in collaborazione con il gruppo di ricerca MHES dell'Università della Calabria, è in fase di completamento la realizzazione di un purificatore di idrogeno in UHV. Tale sistema realizza la purificazione del gas essenzialmente tramite tre elementi: un tubo in lega PdAg, un getter $Zr_xV_yFe_z$ e due trappole criogeniche ad N_2 liquido. Lo schema di funzionamento è il seguente:

- 1 il gas entrante nel sistema (H_2 in) attraversa la prima trappola ad azoto liquido che intrappola per condensazione parte delle specie pesanti;
- 2 il secondo filtro è una membrana PdAg, che, dipendentemente dalla temperatura a cui è posta, lascia permeare la specie idrogeno arrestando altre specie, per adsorbimento sulla superficie esterna;
- 3 in serie é quindi posta una seconda trappola ad azoto liquido;
- 4 il gas filtrato giunge nella camera contenente materiale getter che lo assorbe;
- 5 infine, scaldando il getter, lo stesso funziona da sorgente di idrogeno ed ulteriore trappola per altre specie.

Tutte le parti componenti descritte sono state realizzate nel Dipartimento di Fisica, Laboratorio MHES, ad eccezione del filtro di Pd-Ag che è in fase di completamento. Il filtro

prima di essere assemblato con le altre parti dovrà essere testato in presenza di aria, idrogeno ed ossigeno, a dimostrazione della sua buona permeabilità soltanto verso l' H_2 .

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:

E' stata studiata l'eccitazione di plasmoni prodotta da ioni H^+ , He^+ , Ne^+ e Ar^+ con energie incidenti da 100 eV, e nell'intervallo 5-100 eV. L'osservazione è stata fatta attraverso il gli elettroni di decadimento dei plasmoni su superfici pulite di Al ed Mg e sugli stessi metalli ricoperti di Cesio. A bassa velocità l'eccitazione dei plasmoni avviene solo per ioni di alta energia potenziale ed è indipendente dalla velocità; su questa emissione l'effetto del ricoprimento di Cs conduce a concludere che i plasmoni eccitati sono plasmoni di superficie e non di bulk, come supposto in lavori precedenti. Per ioni di velocità superiore ad una ben definita soglia, si osserva una eccitazione di plasmoni di tipo cinetico. Contrariamente alle predizioni teoriche, è stato rilevato che, per ioni H^+ ed He^+ , l'eccitazione avviene al di sotto della predetta soglia. La proposta di interpretazione di tale emissione al di sotto della soglia, viene attribuita agli elettroni secondari di energia abbastanza elevata.

5.3 FISICA TEORICA STATO SOLIDO

La ricerca in fisica teorica dello stato solido di questo gruppo è essenzialmente rivolta verso l'analisi di alcuni processi che avvengono durante l'interazione di particelle atomiche con superfici o zone interne di solidi. Esse riguardano sia il trasporto delle particelle che il loro

stato di carica. Inoltre, è stata avviata una ricerca sull'interferenza nell'interazione di atomi con laser.

Ricercatori: Giovanni Falcone
Francesco Piperno
Luigi Forlano
Antonio Sindona
Francesco Plastina
Roberta Mazzuca

Collaborazioni: E. Mashkova, V. Molchanov e A.I. Tolmavhev, (*Dipartimento di Fisica Nucleare, Università di Mosca, Russia*)

La ricerca è suddivisa in quattro campi:

5.3.1 Sputtering e riflessione di ioni da superfici

Negli ultimi anni le equazioni del trasporto per il fenomeno dello sputtering e della riflessione di ioni da solidi sono state risolte con diverse tecniche. Il nostro gruppo ha introdotto la tecnica degli streams (idea originale di Chandrasekhar, del 1960) ed abbiamo mostrato come il suddetto metodo può essere utilizzato nella determinazione della distribuzione angolare degli atomi riflessi da superfici solide.

5.3.2 Interazioni binarie anelastiche

Negli ultimi anni abbiamo iniziato un riesame dei processi binari anelastici ed abbiamo derivato le nuove relazioni cinematiche per tali processi. Lo scopo dei nostri studi era quello di riformulare le equazioni del rallentamento di ioni nella materia nelle regioni quasi-elastiche, dove la separazione (o incorrelazione) tra le perdite elastiche ed anelastiche non è ipotizzabile. È stata proposta una nuova interpretazione del coefficiente di restituzione, ϵ , a livello microscopico che consente di riformulare sia la cinematica che la dinamica dei processi binari anelastici in tutte quelle situazioni in cui si presenta una ineliminabile correlazione tra processi anelastici e moto di particelle atomiche. Sulla base delle nuove relazioni cinematiche e della riformulazione dell'integrale del moto nel caso di collisione anelastica abbiamo determinato anche nuove sezioni d'urto, utilizzando i potenziali di sfera

dura, di Coulomb, di Coulomb schermato, da inserire nelle equazioni relative allo slowing down di particelle atomiche nei solidi. Un risultato di grande interesse è che queste nuove sezioni d'urto contengono il coefficiente di restituzione, il quale poi è indice di quanto sia anelastico un processo binario, e per $\varepsilon=1$ si riconducono alle sezioni d'urto elastiche note.

5.3.3 Eccitazioni elettroniche indotte da ioni lenti nei solidi

I fenomeni di eccitazione elettronica indotti nei metalli da perturbazioni lente sono oggetto di grande interesse teorico e sperimentale da vari decenni in relazione alle spettroscopie ioniche di superficie, da ioni riflessi o ioni secondari emessi. L'approccio teorico a questo tipo di problemi abbraccia inevitabilmente le tecniche più avanzate nella fisica delle molte particelle fra le quali si evidenziano i metodi diagrammatici e numerosi sviluppi computazionali.

Lo studio condotto nel presente anno si è rivolto all'analisi dello stato di carica di ioni emessi da un substrato metallico a energie molto basse (dell'ordine dell'eV) in seguito al bombardamento primario di ioni più energetici (a energie dell'ordine del KeV) mediante interazione quasi risonante tra gli elettroni localizzati sugli atomi uscenti e gli elettroni di substrato appartenenti all'ultima banda occupata (elettroni del continuo). Tale lavoro si rivela di fondamentale importanza nella spettroscopia di massa di ioni secondari (SIMS) in cui la conoscenza dei tassi di ionizzazione e neutralizzazione è essenziale per molte analisi quantitative. Il modello base per questo tipo di problemi è costituito da un Hamiltoniano di Anderson-Newns (1969) in cui un singolo orbitale atomico viene fatto interagire con un insieme di stati delocalizzati, appartenenti alla banda di conduzione del materiale in esame, attraverso un potenziale di salto dipendente parametricamente dalla dinamica semiclassica del processo di emissione. Lo stesso tipo di approccio viene utilizzato nella determinazione della probabilità di ionizzazione di atomi riflessi quasi elasticamente dai metalli e della frazione di elettroni emessi durante il bombardamento. I buoni risultati ottenuti in questa maniera, si vedano a tal proposito lavori di Blandin, Nourtier e Hone (1976), Bloss e Hone (1978), Brako e Newns (1980-88), Falcone e Sroubek (1986-94), sono stati il punto di partenza per una analisi più accurata degli effetti di superficie generati durante la collisione del fascio primario con il materiale. Tali aspetti sono stati quasi sempre ignorati a causa delle notevoli complicazioni matematiche che la loro trattazione comporta e dell'impossibilità di ricavare semplici risultati da raffrontare con dati sperimentali.

Il nostro interesse si è rivolto agli ioni secondari emessi proprio perché gli effetti menzionati incidono drammaticamente alle basse velocità che tali particelle possiedono nell'uscire dal campione. Abbiamo quindi introdotto un termine nuovo nell'Hamiltoniano di base che tenesse conto delle eccitazioni intrabanda e dei processi di emissione prodotti dalla dinamica di superficie durante il bombardamento. Una semplice schematizzazione di questa dinamica è stata utilizzata considerando l'azione delle quasi-molecole, che si formano transitoriamente durante la collisione tra ioni incidenti e atomi bersaglio presenti in superficie, sugli elettroni del continuo. La dinamica di evoluzione di questo sistema si svolge su tre scale di tempo profondamente differenti: a) la scala delle transizioni elettroniche (eccitazioni intrabanda, emissione potenziale, salti dagli stati continui allo stato localizzato) è dell'ordine di 10^{-17} - 10^{-16} sec; b) la scala della dinamica quasi-molecolare è dell'ordine di 10^{-16} - 10^{-15} sec; c) la scala della dinamica di emissione è dell'ordine di 10^{-13} - 10^{-14} sec. Pertanto le perturbazioni possono considerarsi quasi-stazionarie per grandi tempi su scala elettronica. Inoltre il potenziale di salto di Anderson-Newns è più lento rispetto al potenziale di superficie. Questa proprietà è stata sfruttata nel calcolo della frazione ionizzata degli atomi secondari e ci ha permesso di ottenere un risultato managevole e facilmente confrontabile sia con le previsioni del modello basilare che con dati

I futuri sviluppi per questo tipo di ricerca sono attualmente indirizzati verso una più profonda comprensione dei processi di trasferimento di carica in sistemi a molti livelli localizzati. Questo tipo di lavoro è stato in parte affrontato negli ultimi anni (da Langreth, Nordlander e Shao) nel settore della spettroscopia da ioni riflessi (ISS). Il tentativo di introdurre effetti di superficie in un Hamiltoniano già complicato dalla presenza dei potenziali di scambio e correlazione fra i vari orbitali sembra tuttavia ancora proibitivo.

Un secondo possibile utilizzo della nostra ricerca è incentrato sul fenomeno dell'emissione di elettroni veloci da superficie bombardata non spiegabile attraverso la teoria classica degli urti binari. E' stato già osservato in precedenti lavori, Falcone e Sroubek (1988) e Sroubek e Fine (1995), come il meccanismo di interazione risonante possa giustificare questi processi. E' quindi interessante capire quali progressi possa portare il nostro modello nel settore.

Inoltre siamo interessati all'analisi delle perdite di energia di ioni lenti in moto dentro il solido per interazioni elettroniche con la banda di conduzione. Lo stato delle conoscenze teoriche in questo settore è molto avanzato nell'ambito di teorie perturbative quali la teoria della risposta

lineare e la teoria della funzione dielettrica. Il nostro tentativo è quello di sfruttare la lentezza dell'interazione piuttosto che la sua debolezza e di costruire una teoria che includa processi di interazione multipla.

Infine l'applicazione delle tecniche utilizzate nei lavori sopra menzionati ad altri fenomeni, quali ad esempio la spettroscopia da raggi X, sembra essere molto promettente. Stiamo infatti studiando le asimmetrie di bordo nei picchi di emissione e di assorbimento pensate da Mahan (1965) e scoperte sperimentalmente da Doniach e Sunjich (1971). Utilizzando un semplice Hamiltoniano a un corpo abbiamo stimato gli effetti termici di substrato su tali spettri ottenendo buoni risultati in relazione a diversi lavori sperimentali pubblicati negli ultimi anni da Citrin et Al.

5.3.4 Fenomeni di interferenza in sistemi atomici soggetti ad irraggiamento laser

E' stata studiata la dinamica di sistemi atomici interagenti con intensi campi elettromagnetici, con particolare riguardo agli effetti di interferenza e correlazione. Tali fenomeni di interferenza sono causati dall'accoppiamento coerente tra le diverse transizioni atomiche dovuto all'interazione con la radiazione Laser. Essi si manifestano negli spettri di assorbimento ed emissione e nell'evoluzione temporale delle popolazioni dei livelli eccitati. Specificatamente, questi spettri possono essere fortemente alterati, con la cancellazione di alcune righe ed il forte restringimento di altre ben al di sotto del limite naturale, dato dall'inverso del tempo di vita media del livello eccitato. Strettamente collegati a questi effetti sono due fenomeni fisici di particolare rilevanza: la trasparenza indotta elettromagneticamente (E.I.T.) e l'amplificazione di radiazione in assenza di inversione di popolazione (A.W.I.). Il controllo dell'emissione spontanea, infatti, consente di intrappolare la popolazione elettronica in alcuni stati 'scuri'. Quando il sistema atomico si trova in questi particolari stati, la sua interazione con la radiazione esterna è nulla, cosicché il sistema non assorbe (E.I.T.). Inoltre, una volta spento il LASER che ha provocato l'effetto di intrappolamento, tutta la popolazione torna nel livello fondamentale dando luogo ad un'intensa emissione di radiazione. Tutto ciò può avvenire anche se la popolazione del livello fondamentale risulta maggiore di quella del livello eccitato (A.W. I.). In questo contesto, è stata condotta un'analisi approfondita dell'origine dell'intrappolamento ed è stata proposta l'espressione di una nuova classe di stati che non decadono.

Si è quindi cercato di estendere la descrizione teorica esistente studiando l'effetto dei processi di rilassamento dovuti alla presenza di altri possibili (e concomitanti) processi di transizione ed analizzando gli effetti di correlazione al secondo ordine tra i diversi fotoni emessi. Tutto ciò è stato fatto utilizzando l'approccio di Weisskopf-Wigner. Si è dimostrato analiticamente come i processi di rilassamento alterino fortemente le funzioni spettrali, portando, in specifiche condizioni, all'eliminazione completa delle manifestazioni di interferenza. Si è interpretato questo risultato (precedentemente ottenuto solo tramite simulazioni numeriche) come l'effetto della competizione tra un processo di trasferimento di coerenza (da parte del Laser) ed un processo di completa perdita di coerenza (dovuto all'emissione spontanea). Nelle condizioni in cui quest'ultimo risulta dominante, gli effetti d'interferenza spariscono.

Si è ricavato, tuttavia, che, sotto opportune condizioni, la correlazione spettrale dei fotoni emessi può essere usata per mettere in evidenza gli effetti di interferenza anche quando i processi dominanti siano quelli incoerenti.

Lo studio delle correlazioni del secondo ordine è stato poi esteso a quella tipologia di sistemi che contengono due canali di doppia foto-emissione (configurazioni Λ -V).

Tali correlazioni sono state studiate sia nel dominio temporale che in quello spettrale, identificando le condizioni necessarie per la presenza di interferenza sia in sistemi liberi (in cui l'interferenza è "indotta dall'accoppiamento col vuoto elettromagnetico"), sia in sistemi soggetti a laser esterni (in cui l'interferenza è un risultato della coerenza del laser).

5.4 FISICA DEI SENSORI

Ricercatori: Lorenzo Caputi

Collaboratori: Raffaele Marsico (*Dottorando*)

Daniela Pacilè (*Dottorando*)

Rocco Procopio (*Laureando*)

L'attività di ricerca del Prof. Lorenzo Caputi, durante il corrente anno accademico, è dedicata all'allestimento di un nuovo laboratorio di ricerca per lo studio dei fenomeni di superficie.

Sono stati previsti due apparati sperimentali, di cui segue una breve descrizione.

a) Sistema da ultra-alto vuoto per spettroscopia elettronica.

E' stata progettata una camera da ultra alto vuoto, modificando un apparato già in dotazione al Dipartimento (Camera Varian, 1974), la quale è in fase di completamento da parte della ditta RIAL Vacuum. Su tale camera sarà montato un manipolatore, un analizzatore di elettroni ad alta risoluzione, acquisito sui fondi di V fase, un cannone di elettroni ed una lampada UV. La camera sarà dotata di una precamera per la preparazione dei campioni.

b) Sistema da ultra-alto vuoto per Temperature Programmed Desorption (TPD)

E' stato progettato e realizzato, ed è in fase di collaudo, un sistema per lo studio del desorbimento indotto termicamente. Il sistema è schematicamente costituito da due ambienti, in uno dei quali è situato il campione, mentre nell'altro è presente uno spettrometro di massa a quadrupolo. I due ambienti comunicano solo attraverso uno skimmer, il quale, se posizionato a breve distanza dalla superficie di interesse, permette di analizzare solo le particelle che vengono effettivamente desorbite da tale superficie.

A PUBBLICAZIONI SU RIVISTE

A.1 Pubblicazioni su riviste internazionali

A.1.1 Pubblicazioni su riviste internazionali stampate nel 1999

1. A. Sindona and G. Falcone, *Deep-level promotion mechanism in sputtering*, Surf. Sci, 423 (1999) 99
2. A. Sindona and G. Falcone, *Surface influences on resonant ionization during sputtering*, Nucl. Instrum. Meth. 157B (1999) 75
3. G. Falcone, L. Forlano and A.I. Tolmachev, *Energy distribution of light ions backscattered from a solid*, Phys. Rev. 2B (1999) 6352
4. R. Mazzuca, A.I. Tolmachev, G. Falcone and L. Forlano, *Energy distribution of backscattered ions at normal incidence on the target surface*, Poverkhnost, 5-7 (1999) 18
5. F. Plastina and F. Piperno, *Interference in the correlated spontaneous emission of a driven three level system*, Opt. Commun. 160 (1999) 175
6. F. Plastina and F. Piperno, *Spontaneous emission from a four level L-V system*, Eur. Phys. Journ. 6D (1999) 407
7. F. Plastina and F. Piperno, *Generation of superpositions of coherent states on a circle*, Eur. Phys. Journ. 5D (1999) 411
8. F. Plastina and F. Piperno, *On interference induced non-decaying states*, Opt. Commun. 161 (1999) 236

9. R.A. Baragiola, S.M. Ritzau, R.C. Monreal, C.A. Dukes, P. Riccardi, *Mechanisms for ion-induced plasmon excitation in metals*, Nucl. Instrum. And Methods. B157(1999)110.
10. R. Fasel, R.G. Agostino P. Aebi, L. Schlapbach, *Unusual molecular orientation and frozen librational motion of C60 on Cu (110)*, Physical Review B 60, 4517 (1999)
11. D. Buttard, G. Dolino, C. Faivre, A. Halimaoui, F. Comin, V. Formoso, L. Ortega, *Porous silicon strain during in situ ultrahigh vacuum thermal annealing*, Journal of Applied Physics, 1999, Vol.85, No.10, pp.7105-7111
12. P. Le Fevre, H. Magnan, J. Vogel, V. Formoso, K. Hricovini, D. Chandesris, *High energy resonant photoemission and resonant Auger spectroscopy in mixed valent Ce compounds*, Journal of Electron Spectroscopy And Related Phenomena, 1999, Vol.103, No.SISI, pp.787-791
13. P. Le Fevre, H. Magnan, J. Vogel, L. Ortega, F. Comin, V. Formoso, K. Hricovini, D. Chandesris, *L-3 and M-4, M-5 absorption edges of intermediate valent cerium unravelled by resonant photoemission and resonant Auger spectroscopy*, Journal of Synchrotron Radiation, 1999, Vol.6, No.Pt3, pp.290-292
14. P. Le Fevre, H. Magnan, K. Hricovini, D. Chandesris J. Vogel, L. Ortega, F. Comin, V. Formoso and A. Stierle, *Ce electronic structure studied by resonant electron spectroscopies*, Physica Status Solidi B-Basic Research, 1999, Vol.215, No.1, pp.617-623
15. P. Calicchia, S. Lagomarsino, F. Scarinci, C. Martinelli, V. Formoso, *A study on background subtraction in Auger and photoelectron time coincidence spectroscopy using third generation synchrotron radiation source*, Review of Scientific Instruments, 1999, Vol.70, No.9, pp.3529-3536

16. G.J. Jackson, J. Lüdecke, D.P. Woodruff, A.S.Y. Chan, N. Singh, J. McCombie, R.G. Jones, B.C.C. Cowie, V. Formoso, *Chemical shift x-ray standing wavefield study of PF₃ decomposition on Ni(111)*, Surface Science 441,515 (1999)
17. G. Cannelli, R. Cantelli, F. Cordero, F. Trequattrini and E. Giovine, *Local Dynamics of H and D trapped by Substitutional Dopant in Semiconductors* J. Alloys and Compounds 293/295, 396 (1999).
18. F. Cordero, R. Cantelli, G. Cannelli and F. Trequattrini, *Hydrogen and Deuterium Tunnelling Systems in Diluted Nb_{1-x}Zr_x Alloys*, J. Alloys and Compounds 293/295, 338 (1999).
19. F. Trequattrini, G. Cannelli, R. Cantelli, F. Cordero, and O. Florencio, *Dynamics of Hydrogen in Sc and Y by Acoustic Spectroscopy*, J. Alloys and Compounds 293/295, 334 (1999).

A.1.2 Pubblicazioni su riviste internazionali accettate nel 1999

1. P. Riccardi, P. Barone, A. Bonanno, A. Oliva and R. A. Baragiola, *Double 2p Electron Excitation in Low-energy Ne⁺ Single Scattering from a Si Surface: an Energy Loss Study*, Phys. Rev. Lett. accettato
2. V. Formoso, A. Filipponi, A. DiCicco, G. Chiarello, R. Felici, A. Santaniello, *1s shake-up excitations in Ge and GeO₂ high energy x-ray photoemission spectroscopy*, Physical Review. B61,1871(2000)
3. L.S. Caputi, R. Marsico, S. Scalese, A. Cupolillo, G. Chiarello, E. Colavita, L. Papagno, *Structural study of Ni(100)-c(2x2)-Sn by electron-energy-loss holography*, Surface Science 444,61(2000)

4. R.G. Agostino, G. Liberti, V. Formoso, A. Santaniello*, E. Colavita, A. Zuettel, C. Nuetzenadel, L. Schlapbach, C. Gauthier, *In situ X-ray absorption study of Zr(V_{0.29}Ni_{0.71})₃ hydride electrodes*, Physical Review B 61, 0000 (2000), in stampa
5. G. J. Jackson, D. P. Woodruff, R. G. Jones, N. K. Singh, A. S. Y. Chan, B.C.C. Cowie, and V. Formoso, *Following Local Adsorption Sites through a Surface Chemical Reaction: CH₃SH on Cu(111)*, Physical Review Letters 84, 119 (2000)
6. G. Chiarello, A. Cupolillo, V. Formoso, L. Papagno E. Colavita, *Temperature effects on the coadsorption of K-CO on Ni(100)*, Surface Science 452, 133 (2000)
7. L.S. Caputi, R. Marsico, S. Scalese, A. Cupolillo, G. Chiarello, E. Colavita, L. Papagno, *Structural Study of Ni(100)-c(2x2)-Sn, by electron-energy-loss holography*, Surf. Sci. 444, 61 (2000)

6. FISICA MOLECOLARE

<i>Ricercatori:</i>	Roberto Bartolino Enzo Cazzanelli Cesare Umeton Riccardo Barberi Gabriella Cipparrone Nicola Scaramuzza Carlo Versace
<i>Dottorandi:</i>	Maria De Santo Maria Iovane Giuseppe Strangi
<i>Borsisti:</i>	Federica Ciuchi Sonia Di Bella Michele Giocondo Giuseppe Lombardo Vincenzo Massaro Alfredo Mazzulla Olivier Duhem Alessandro Scarfato David Sikharulidze Massimo Sposato
<i>Tecnici:</i>	Bruno De Nardo Carmine Prete

6.1 Interazione dei cristalli liquidi con ossidi di conduttori misti

Nel nostro laboratorio, sono stati osservati dei nuovi effetti in celle di cristallo liquido nematico (CLN), nelle quali uno dei due elettrodi semitrasparenti d'ossido d'indio-stagno era stato ricoperto con un sottile film di triossido di Wolframio (WO_3), depositato mediante sputtering a radiofrequenza.

Il fenomeno più sorprendente osservato in queste celle, consiste nella non usuale risposta elettro-ottica, la quale è sensibile alla polarità del voltaggio applicato. Nelle celle a CLN convenzionali, senza film di WO_3 , la risposta è generalmente indipendente dal segno del voltaggio applicato, essendo dovuta ad un accoppiamento del tipo $(\mathbf{n} \cdot \mathbf{E})^2$; quando uno strato di WO_3 è depositato su di uno dei substrati che delimitano il cristallo liquido, la risposta del dispositivo ad una delle polarità è inibita, per un certo intervallo di valori d'ampiezza della tensione applicata. Benché questo tipo di risposta sia stato già osservato in altri tipi di celle a cristallo liquido con struttura asimmetrica, p.e. ancoraggi competitivi ai due substrati, l'aspetto innovativo del risultato da noi ottenuto risiede nell'impiego di un conduttore misto e nella grandezza assoluta dell'effetto. Infatti, l'origine dell'effetto risiede proprio nella natura di conduttore misto del triossido di Wolframio WO_3 , da tempo è noto che una certa quantità di specie chimiche contenenti idrogeno e di basso peso molecolare (ad esempio acqua proveniente dall'aria alla quale sono stati esposti i substrati) possono penetrare in questi film, cosicché questi ossidi possono anche essere detti bronzi d'idrogeno diluito. Il ruolo dei cationi intercalati è stato messo in evidenza effettuando delle misure su celle di CLN nelle quali i film di WO_3 erano stati sottoposti a cottura ($150^\circ\text{C} - 300^\circ\text{C}$) in modo da causare il de-assorbimento di percentuali d'acqua intercalata sempre maggiori. Queste misure hanno indicato come al crescere della temperatura e del tempo di cottura l'effetto elettro-ottico descritto fosse sempre meno evidente fino quasi a scomparire; di pari passo le misure d'impedenziometria effettuate hanno indicato l'esistenza di un processo di tipo diffusivo sempre meno importante. Sulla base delle osservazioni effettuate possiamo dare una descrizione del fenomeno elettrochimico che accade nel film di WO_3 : durante la carica anodica del film di WO_3 avviene la diffusione di ioni H^+ . A causa di ciò ha origine un campo elettrico che si oppone, al processo di riorientazione del CLN. Il fenomeno ha caratteristica unipolare, poiché esso avviene solo in corrispondenza della polarizzazione anodica del film. Il lavoro proseguirà sia con la caratterizzazione di film di diversi tipi d'ossido contenenti specie intercalate diverse, sia con la deposizione di film elettricamente isolanti (bloccanti) ed allineanti il cristallo liquido, in modo da studiare sia la loro influenza sul comportamento elettro-ottico delle celle asimmetriche.

6.2 Sistemi compositi contenenti materiali liquido cristallini

Si è osservato in SPLC (cristalli liquidi stabilizzati da polimero) con gradiente di polimerizzazione un comportamento bistabile a colori, unipolare. Gli SPLC studiati sono stati ottenuti per polimerizzazione UV e contenevano un cristallo liquido colesterico (CLC). Anche in questo caso la cella è di tipo asimmetrico, con l'asimmetria indotta dal processo di polimerizzazione; l'esposizione ad un'intensa sorgente UV causa, infatti, un diverso grado di polimerizzazione tra la superficie del campione esposta alla sorgente e quella opposta ed induce una rete polimerica asimmetrica. Lo spessore dello strato polimerizzato all'interno del campione può essere controllato regolando l'intensità ed il tempo d'esposizione alla sorgente UV. Il campione può commutare tra due stati con caratteristiche ottiche diverse, quello opaco caratterizzato dalla presenza di coniche focali e quello trasparente dato da un allineamento uniforme e planare dei direttori molecolari, mediante l'applicazione di due impulsi di voltaggi aventi durata ed ampiezza uguali ma di segno opposto. Come ben noto le celle asimmetriche di cristalli liquido mostrano sempre un comportamento rettificante per la corrente che le attraversa, cosicché l'origine di questo effetto bistabile, unipolare e a colori va ricercata in questa asimmetria delle correnti ioniche corrispondenti ad impulsi di segno diverso.

6.3 Instabilità elettrocinetiche in cristalli liquidi nematici

Sono stati studiati campioni di cristallo liquido nematico MBBA (n-[4-metossibenzilidene]-4-butilanilina) contenuto in celle sia ad allineamento perpendicolare al substrato (allineamento omeotropico), ottenuto mediante la deposizione di un film sottile di DMOAP (n-octadecyldimetil[3-(trimetossi-silil)-propil]ammoniocloride), che ad allineamento parallelo al substrato (allineamento planare). Questa seconda direzione di orientamento è stata ottenuta mediante deposizione di un film sottile di materiale polimerico (PVA.) e strofinando leggermente il film lungo una direzione. Questi campioni, sottoposti all'azione di un campo elettrico esterno, alternato con bassa frequenza (30-500 Hz) e di ampiezza crescente (0-200 kV/cm, hanno presentato una serie di instabilità elettrocinetiche seguite dalla transizione ad un regime turbolento simile al regime di scattering dinamico (DSM) già osservato in campioni dello stesso materiale ad allineamento planare. Il primo stato turbolento osservato, ad una data frequenza e al di sopra di una soglia in voltaggio, diviene instabile e lascia il posto ad un secondo regime turbolento. Nei campioni allineati omeotropicamente di MBBA

l'instabilità di Williams è secondaria e segue quella di Freéderichsz la quale è responsabile della rottura dell'isotropia spaziale del campione. Benché la sequenza delle instabilità e le strutture che precedono lo stato turbolento siano alquanto diverse dal caso planare, la transizione tra i due stati turbolenti presenta molte analogie. Nel caso di allineamento planare, misure fotopolarimetriche effettuate illuminando il campione con luce polarizzata linearmente lungo la direzione di ancoraggio, si è osservato che, dopo la transizione al secondo stato turbolento (DSM2) il grado di polarizzazione P della luce trasmessa dal campione si riduceva praticamente a zero; mentre lo stesso raggio veniva molto poco depolarizzato dal passaggio al primo stato turbolento (DSM1). Questo comportamento poteva essere osservato anche nel caso di campioni omeotropici dove evidentemente l'asimmetria veniva introdotta dalla transizione di Freéderichsz e ci ha consentito di interpretare la transizione DSM1→DSM2 come il passaggio da uno stato di turbolenza bidimensionale completamente sviluppato ad uno stato turbolento tridimensionale. In entrambi i casi le aree di DSM2 nascono seguendo una legge di nucleazione e crescita della quale sono stati determinate le grandezze fisiche caratteristiche (potenziale di soglia, energia di attivazione, velocità di nucleazione e velocità di crescita) per entrambi gli ancoraggi. E' stato inoltre effettuato uno studio di come la presenza di impurezze ioniche, aumentando la conduttività del cristallo liquido, influenzino la transizione; questo ultimo studio è comunque preliminare ed i risultati ottenuti (abbassamento della soglia all'aumentare della conduttività) si prestano a diverse interpretazioni.

6.4 Reticoli olografici permanenti in materiali liquido cristallini compositi.

E' stato realizzato lo studio della formazione di reticoli permanenti con tecniche olografiche d'intensità in materiali liquido cristallini compositi, in particolare cristalli liquidi polidispersi (PDLC) con aggiunta di coloranti.

E' stata osservata la formazione di reticoli dinamici per valori d'intensità dei fasci scriventi di 1W/cm², mentre per valori delle intensità di 10²-10³ W/cm² si ottengono reticoli permanenti con efficienze di diffrazione del 30-40% .

Caratteristiche dei reticoli permanenti nei PDLC e' la riprogrammabilità, cioè la possibilità di scriverli e successivamente cancellarli utilizzando uno solo dei due fasci scriventi, ripetendo il ciclo piu' volte, e la modulazione dell'efficienza di diffrazione mediante l'applicazione di un campo esterno. Sono state effettuate misure per la caratterizzazione ottica

dei reticoli , misure al microscopio elettronico a scansione (SEM) e misure (con differenti tecniche) di TBC (Two beam coupling) allo scopo di comprendere la natura dei reticoli. I risultati ottenuti evidenziano l'origine fotorifrattiva dell'effetto osservato.

Per verificare ulteriormente, il coinvolgimento di questo effetto nel fenomeno di memoria ottica osservato è stato iniziato uno studio riguardante la generazione ed il trasporto di carica fotoindotti.

6.5 Studio di materiali fotosensibili

Sono state iniziate 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. 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 di questi reticoli per differenti lunghezze d'onda e intensità dei fasci laser utilizzati per la scrittura.

Interessanti risultati sono stati anche ottenuti dallo studio dei reticoli olografici indotti mediante l'esposizione nella regione di sovrapposizione di due fasci laser polarizzati circolarmente e con opposta polarizzazione. Nella regione di sovrapposizione dei due fasci si ha infatti una rotazione uniforme del vettore elettrico lungo il vettore d'onda del reticolo ed una modulazione trascurabile della intensità.

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

6.6 Dinamica nonlineare e transizione al caos in cristalli liquidi.

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, sono stati osservati e studiati per una particolare geometria sperimentale. 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 della intensità incidente la dinamica osservata diventa estremamente complessa, mostrando una serie di 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. 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.

6.7 Materiali elettrocromici ed interazioni con cristalli liquidi

La maggior parte della attività nel 1999 è stata dedicata allo studio delle interazioni dei cristalli liquidi con film sottili di materiali a conduzione mista, finora usati come elettrocromici, ed alla caratterizzazione con varie tecniche sia dei film che dei dispositivi derivati.

Si è infatti osservato come uno strato di WO_3 , depositato per sputtering sulla superficie di ITO di uno degli elettrodi, modifica radicalmente la risposta elettroottica in celle di cristalli liquidi nematici rendendola sensibile alla polarità del campo applicato. Se uno degli elettrodi è ricoperto con WO_3 si osserva che il riorientamento dello strato di LC avviene solo per un semiperiodo di un'onda quadra applicata, corrispondente alla polarizzazione catodica del triossido di tungsteno, mentre la riorientazione è inibita per la polarità opposta. In questo modo la risposta elettroottica risulta asimmetrica e con lo stesso periodo del campo esterno.

Dal punto di vista applicativo questa diversa risposta è indubbiamente interessante per la soluzione di alcuni specifici problemi, soprattutto permette un controllo dei tempi di switching in entrambe le direzioni on e off. Inoltre si ha un abbassamento dei voltaggi richiesti per la riorientazione (soglie della transizione di Fredericisz) e l'allineamento planare si ottiene senza costosi e poco controllabili trattamenti di superficie.

Le prime caratterizzazioni fatte suggeriscono la spiegazione dell'effetto come dovuta al cambiamento di campo efficace interno alla cella in seguito alla ridistribuzione di cariche ioniche presenti nel film elettrocromico. Bisogna notare comunque che misure preliminari di voltammetria ciclica suggeriscono che il valore delle correnti ioniche in gioco è molto più piccolo che nei dispositivi elettrocromici fin qui studiati, e dipende fortemente dai trattamenti termici eseguiti sul film di WO_3 . Il piccolo valore delle correnti sembra dare il vantaggio di un'alta ciclabilità e durata a questi dispositivi, anche se misure ad hoc sono necessarie su questo aspetto, particolarmente rilevante in una fase più applicativa del progetto.

In particolare, per quanto riguarda sia la conformazione chimica (tipo di legame, stati di ossidazione, presenza di acqua o altre speci molecolari) che la conformazione strutturale (grado di cristallinità e tipo di fase cristallina), la spettroscopia vibrazionale è stata ampiamente usata per la caratterizzazione di materiali usati come controelettrodi, anche in forma di film sottili. Per esempio, una caratterizzazione della amorficità della struttura è stata fatta sui film di WO_3 inseriti in celle di cristalli liquidi usando la microscopia Raman, su film come depositati e dopo trattamenti termici.

In collaborazione con vari gruppi italiani e internazionali, è stato inoltre continuato lo studio, con tecniche di spettroscopia vibrazionale, di alcuni materiali solidi molto usati come elettrodi elettrocromici, in particolare il tungsteno ossido ed il vanadio pentossido.

Per il tungsteno ossido è stato indagato il polimorfismo a basse temperature, dimostrando come esso dipenda fortemente dai trattamenti meccanici del materiale. Da notare la scoperta, anche in normali polveri commerciali, di una nuova fase cristallina a bassa temperatura che era stata segnalata solo per microcristalli cresciuti in condizioni particolari. Si è studiata la transizione di fase ortorombica-tetragonale ottenuta ad alte temperature, comparandola alla analoga transizione ottenuta per intercalazione di idrogeno. Per quanto riguarda il problema della colorazione del WO_3 è stata investigata in maniera estensiva la sua dipendenza dai trattamenti meccanici e la relazione tra colorazione e disordine strutturale.

Per i film di vanadio pentossido, usati come controelettrodi in dispositivi elettrocromici, si è visto come la amorficità dei film e la presenza di vari stati di ossidazione del vanadio dipenda criticamente dalle condizioni di sputtering. Le informazioni chimiche, strutturali e vibrazionali sui film sono state ottenute combinando tecniche RBS (Rutherford Back Scattering), XPS e micro-Raman.

6.8 Nuovi effetti di superficie ed applicazioni di cristalli liquidi

Questa linea di ricerca è dedicata allo studio delle proprietà fisiche dell'interfaccia nematico-solido ed alle conseguenti possibilità di sviluppo di dispositivi elettro-ottici innovativi a cristallo liquido nematico.

Lo scopo principe è quello di arrivare ad una descrizione la più completa possibile dello stato di superficie di un materiale nematico in contatto con una superficie solida al fine di poter ottenere il miglior controllo possibile dell'orientazione degli assi facili e dell'energia ad essi associata.

Si dispongono così in generale le basi per realizzare campioni per studi elettro-ottici che hanno caratteristiche innovative e si migliora l'insieme delle conoscenze sperimentali sui materiali liquido cristallini che sono spesso inficiate da una non ottimale realizzazione delle celle a causa di trattamenti di superficie rudimentali.

Nel corso del 1999, l'attività sperimentale si è concentrata sulle proprietà indotte da materiali organici sensibili alla luce su cristalli liquidi nematici e colesterici e sulle tecniche di misura dell'energia di ancoraggio planare per i nematici. Parallelamente, tecniche numeriche sono state applicate alla descrizione fine di proprietà di superficie dei nematici.

I materiali fotosensibili sono stati usati per studiare l'orientazione periodica di cristalli liquidi nematici su film di Langmuir-Blodgett trattati con tecniche olografiche (*Liquid Crystals*, 26 (1999) 427) e per sviluppare un nuovo tipo di dispositivo elettro-ottico intrinsecamente bistabile che fa uso di materiali colesterici (*Applied Physics Letters*, 75 (1999) 1013). Lo sviluppo di tecniche olografiche dovrebbe permettere di realizzare in un prossimo futuro substrati con proprietà di ancoraggio controllate su scala micrometrica (micro-textured alignment).

E' stato condotto uno studio molto approfondito sulle tecniche sperimentali di misura dell'ancoraggio planare dei cristalli liquidi nematici nel limite di campi forti, evidenziando effetti trascurati dagli studi precedenti e dovuti a fenomeni di variazione d'ordine locale e di polarizzazioni di superficie (*Molecular Materials*, **11** (4) (1999)).

Sono stati studiati diversi problemi 2D di orientazione di nematici in contatto con superfici di forma complessa, usando tecniche di calcolo numerico. Sono state considerate sia le variazioni del direttore che quelle del parametro d'ordine per riuscire a definire il limite

ultimo di applicazione dei modelli semplicemente elastici che sono i più frequentemente usati in letteratura per la descrizione dei problemi di ancoraggio nematico. (*J. Mod. Phys. C*, 10 (1999) 485 and *Liquid Crystals*, 26 (1999) 1345).

Infine, un'aspetto più tecnologico della ricerca ha riguardato la realizzazione e la messa in opera di apparati elettronici di multiplexing per i dispositivi elettro-ottici bistabili allo studio (SBIIND). Abbiamo ora operativo un driver elettronico completamente programmabile a 32 canali indipendenti, capace di generare segnali fino a ± 80 Volt su ogni linea, con una risoluzione temporale di 10 microsecondi. Un tale dispositivo, che permette il mutiplexing di matrici fino a 16×16 , non è disponibile sul mercato ed è stato sviluppato in collaborazione con i laboratori di HP-Bristol.

6.9 Fenomeni elettro-ottici dovuti all'influenza della luce sui parametri materiali del CL

La modulazione dei parametri materiali del cristallo liquido (costanti elastiche ed anisotropia ottica) dovuta all'assorbimento di luce permette di controllare la riorientazione del direttore molecolare sotto l'azione di un campo elettrico a bassa frequenza. In particolare è possibile la scrittura di reticoli orientazionali di tipo fotorifrattivo. Tali reticoli hanno uno shift di fase rispetto al reticolo d'interferenza dei raggi luminosi, il cui valore è determinato sia da parametri esterni che da quelli interni al materiale. Tali reticoli, sfasati e di tipo fotorifrattivo, sono stazionari e non sono dovuti a processi diffusivi.

6.10 Curaggio UV di reticoli di diffrazione in PDLC

E' stato fatto un dettagliato studio sperimentale di reticoli di diffrazione, commutabili attraverso campo elettrico, scritti in PDLC tramite curaggio laser UV. I reticoli sono stati scritti durante il processo di curaggio esponendo alla figura d'interferenza di due fasci laser UV una miscela di CL e prepolimero. E' stata studiata in dettaglio sia la morfologia dei reticoli così formati nel campione che l'evoluzione temporale dell'efficienza di diffrazione, analizzandone in particolare la dipendenza dall'intensità di curaggio, dalla concentrazione di CL e dal periodo spaziale del reticolo stesso. In condizioni ottimali l'efficienza di diffrazione del primo diffratto raggiunge il limite teorico per i reticoli trasparenti, ovvero 33 %. E' stato inoltre proposto un modello teorico per l'evoluzione temporale dell'efficienza di diffrazione

durante l'inizio del curaggio. Tale modello tiene conto della diffusione dei monomeri eccitati durante il processo di curaggio e della circostanza che il coefficiente di diffusione viene fortemente modificato dal processo di polimerizzazione. Le curve teoriche simulano molto bene i risultati sperimentali e confermano la validità del modello.

6.11 Realizzazione e caratterizzazione di reticolo di diffrazione in materiali compositi liquido cristallini con struttura stratificata (POLICRYPS)

E' stato iniziato un dettagliato studio sperimentale e teorico dei complessi fenomeni che determinano la morfologia e le proprietà ottiche dei reticoli di diffrazione realizzati in materiali compositi liquido cristallini aventi una particolare struttura stratificata: una sovrapposizione di strati alternati di puro polimero e di puro cristallo liquido, ottenuta irraggiando con laser UV una opportuna miscela di cristallo liquido e monomero.

I risultati preliminari ottenuti indicano che potranno essere percorse con successo quattro direzioni principali:

- a) Realizzazione di una struttura stratificata stabile e di buona qualità, in cui strati uniformi di LC orientato sono alternati a strati di polimero puro. Congiuntamente, si cercherà di raggiungere una adeguata conoscenza dei meccanismi di redistribuzione dei differenti componenti che avviene durante il processo di curaggio dovuto all'irraggiamento. Vi sono, di fatto, evidenze sperimentali che il processo di polimerizzazione influenza fortemente la diffusione molecolare modificando il valore della costante di diffusione.
- b) Caratterizzazione della morfologia dei campioni. Questa ricerca darà informazioni su due questioni fondamentali: L'avvenuta realizzazione di una buona e duratura struttura stratificata e l'assenza completa di gocce di PDLC.
- c) Caratterizzazione delle proprietà elettro-ottiche dei campioni. Vi sono indicazioni che, se la polimerizzazione è indotta da luce polarizzata e le molecole di monomero sono dicroiche, le molecole di cristallo liquido si orientano lungo la direzione di polarizzazione della radiazione curante, portando alla formazione di strati di LC ben orientati tra strati di polimero.
- d) Studio della dipendenza delle proprietà elettro-ottiche dei reticoli dai processi che determinano la morfologia dei campioni. In particolare, si potrà studiare in che modo i parametri che determinano la morfologia determinino anche la dinamica temporale ed il valore a regime dell'efficienza di diffrazione.

A PUBBLICAZIONI SU RIVISTE

A.1 Pubblicazioni su riviste internazionali

A.1.1 Pubblicazioni su riviste internazionali stampate nel 1999

1. R. Barberi, M. Iovane, C. Ferrero, V. Mocella, *Application of finite element method to solve 2D problems related to nematic surface properties*, *J. Mod. Phys. C*, 10 (1999) 485.
2. L.M.Blinov, R. Barberi, G. Cipparrone, M.Iovane, A. Checco, V.V. Lazarev, S.P.Palto, *Liquid crystal orientation by holographic phase gratings recorded on photosensitive Langmuir-Blodgett films*, *Liquid Crystals*, 26 (1999) 427
3. S. Palto, R. Barberi, M. Iovane, V. V. Lazarev, M. L. Blinov, *Measurements of zenithal anchoring energy of nematics at the planar interface in hybrid cells*, *Molecular Materials*, 11 (4) (1999)
4. R. Barberi, V. Mocella, C. Ferrero, M. Iovane, *Numerical Investigations of surface distortion and order parameter variation in nematics*, *Liquid Crystals*, 26 (1999) 1345.
5. D. Sikharulidze, A. Tchanishvili, G. Petriashvili, N. Scaramuzza, R. Barberi and R. Bartolino, *Polarity Sensitive Bistable Color Effect in Cholesteric Liquid Crystals with an Asymmetric Polymer Network*, *Applied Physics Letters*, 75 (1999) 1013
6. F. Simoni, G. Cipparrone, A. Mazzulla, P. Pagliusi , *Polymer dispersed liquid crystals: effects of photorefractivity and local heating on holographic recording*, *Chemical Physics*, vol.245, 429, (1999)

7. L.Blinov, M.V. Kozlovsky, G. Cipparrone, *Photocromism and holographic grating recording on a chiral side-chain liquid crystalline copolymer containing azobenzene chromophores*, Chemical Physics, vol.245, 473, (1999)
9. D.E.Lucchetta, N. Scaramuzza, G. Strangi, C. Versace, *Turbulence to turbulence transition in homeotropically aligned nematic liquid crystals*, Phys.Rev.E 60 (1999) 610
10. G. Strangi, C. Versace, N. Scaramuzza, D. Lucchetta, R. Bartolino, *Photopolarimetric characterization of the transition between the turbulent states DSM1-DSM2 in the nematic liquid crystal films*, Phys. Rev E 59 (1999) 5523
11. G. Strangi, N. Scaramuzza, C. Versace, E. Cazzanelli, F. Simone, A. Pennisi and R. Bartolino, *Polarity sensitive liquid crystal devices obtained by insertion of Tungsten trioxide thin films*, Ionics, 5, 275 (1999)
12. N. Scaramuzza, M. C. Pagnotta, G. Strangi, D. E. Lucchetta, C. C. Versace and A. Th. Ionescu, *Thermally induced depolarization currents in a palladium containing metallorganic liquid crystal*, Molecular Crystal Liquid Crystal 336 (1999)
13. G. Strangi, D.E. Lucchetta, E. Cazzanelli, N. Scaramuzza, C. Versace and R. Bartolino, *Asymmetric electro-optic response in a liquid crystal cell containing a layer of amorphous tungsten trioxide*, Applied Physics Letters 74 (1999) 534
14. E.Cazzanelli, N. Scaramuzza, G.Strangi, C.Versace, A.Pennisi and F.Simoni. *Insertion of amorphous Films of WO₃ in Liquid Crystal Cell*, Electrochimica Acta 44 n°18, (1999). 3101

15. E. Cazzanelli, G. Mariotto, S. Passerini, W. H. Smyrl and A. Gorenstein, *Raman and XPS characterization of vanadium oxide thin films deposited by reactive rf sputtering*, Solar Energy Materials & Solar Cells, 56, 249 (1999)
16. E. Cazzanelli, C. Vinegoni, G. Mariotto, A. Kuzmin, J. Purans, *Low temperature polymorphism in tungsten trioxide powders and its dependence on mechanical treatments*, J. Solid State Chemistry 143, 24 (1999)
17. E. Cazzanelli, C. Vinegoni, G. Mariotto, A. Kuzmin, J. Purans, *Comparative Raman study of the monoclinic-to-tetragonal phase transition in tungsten trioxide WO_3 at high temperature and upon hydrogen insertion*, Solid State Ionics 123, 67 (1999)
18. E. Cazzanelli, G. Mariotto, C. Vinegoni, A. Kuzmin and J. Purans, *Color Centres and Polymorphism in Pure WO_3 and Mixed $(1-x)WO_{3-y} \cdot xReO_2$ Powders*, Ionics 5, 335 (1999)
19. D. Duca, A.V. Sukhov, C. Umeton, *Detailed experimental investigation on recording of switchable diffraction gratings in polymer dispersed liquid crystal films by UV-laser curing*, Liquid Crystals, 26, 931 (1999).
20. N.V. Tabiryan, C. Umeton, *Role of thermal diffusion in liquid crystal-light interaction*, Entropie, 217, 8 (1999).
21. R. Caputo, A.V. Sukhov, N.V. Tabiryan, C. Umeton, *Efficiency dynamics of diffraction gratings recorded in liquid crystalline composite materials by a UV interference pattern*, Chem. Phys. 245, 463 (1999).
22. N.V. Tabiryan, C. Umeton, *Electro-optical phenomena due to influence of light beams on material parameters of liquid crystals*, J. Nonlin. Opt. Phys. Mat., 8, 389 (1999).

A.1.2 Pubblicazioni su riviste internazionali accettate nel 1999.

1. G. Cipparrone, G. Russo, V. Carbone, C. Versace, G. Strangi, *Polarimetric study of the optically induced dynamical behavior in nematic liquid crystal film*, Optics Communications, vol.173, 1(2000).
2. L.M. Blinov, G. Cipparrone, N. Scaramuzza, M.V. Kozlovsky, V.V. Lazarev *Holographic development of a hidden UV image recorded on a liquid crystalline polymer*” Optics Communications, vol.173, 137(2000).

D COMUNICAZIONI A CONGRESSI

D.1 Interventi a Congressi Internazionali

1. G. Strangi, E. Cazzanelli, N. Scaramuzza, C. Versace, R. Bartolino, *Polarity Sensitive Electrooptic Response in a Liquid Crystal Cell Containing a Thin Film of Amorphous Tungsten Trioxide*. European Conference On Liquid Crystals 99, HERSONISSON/CRETA (Grecia) 1999
2. D. Lucchetta, N. Scaramuzza, G. Strangi, C. Versace, *Turbulence Transition in Homeotropically Aligned Nematic Liquid Crystals*, European Conference On Liquid Crystals 99, HERSONISSON/CRETA (Grecia) 1999
3. N. Scaramuzza, D. Sikharulidze, A. Tchanishvili, G. Petriashvili, R. Barberi, R. Bartolino, *Polarity Sensitive Bistable Color Effect in Cholesteric Liquid Crystals with Asymmetric Polymer Network* First European Workshop, Applications of Liquid Crystals, Portonovo di Ancona 1999.
4. G. Strangi, E. Cazzanelli, N. Scaramuzza, C. Versace, R. Bartolino, *Rectification of the Electrooptical Response in Liquid Crystal Cells Due to Ionic Diffusion in WO₃ Thin Films*, XI Euroconference on Solid State Ionics, Cetraro (CS) 1999

7. C. Umeton, *Photorefractive effect in Liquid Crystals due to thermal diffusion*, 2nd Meeting of the Photonet European Network, Southampton, England, 10-14 Febbraio, Abstracts, (1999).
6. A.V. Sukhov, N.V. Tabiryan, C. Umeton, *Two beam coupling of UV radiation during curing of nematic - prepolymer composite by interference pattern*, VIII International Topical Meeting on Optics of Liquid Crystals OLC'99, Humacao, Puerto Rico (USA), 26 Settembre - 1 Ottobre, Abstracts, (1999).
7. R. Caputo, D. Duca, A.V. Sukhov, N.V. Tabiryan, C. Umeton, *Curing of nematic - polymer composites by a UV interference pattern: Study of the involved processes*, VIII International Topical Meeting on Optics of Liquid Crystals OLC'99, Humacao, Puerto Rico (USA), 26 Settembre - 1 Ottobre, Abstracts, (1999).
8. G. Cipparrone, A. Mazzulla P. Pagliusi A.V. Sukhov R.F.Ushakov, *Photocurrent in dye doped polymers and polymer dispersed liquid crystals*, 8th International topical meeting on Liquid Crystals- Humacao – Puerto Rico (1999)
9. G. Cipparrone, A. Mazzulla P. Pagliusi, F. Simoni, *Photorefractive effect and local Heating to fix holographic gratings in Dye doped PDLC*, 8th International topical meeting on Liquid Crystals- Humacao – Puerto Rico (1999)
10. G. Cipparrone, G. Russo, C. Versace, G. Strangi, V. Carbone, *Polarimetric study of optically induced dynamical behavior in nematic liquid crystal film*, 8th International topical meeting on Liquid Crystals- Humacao – Puerto Rico (1999)
11. G. Cipparrone, G. Russo, V. Carbone, *Analysis of the dynamical regimes induced by laser in nematic liquid crystal film*, 8th International topical meeting on Liquid Crystals- Humacao – Puerto Rico (1999).

12. Characterization of WO₃ thin films used in liquid crystal cell, XVI Meeting Gruppo Nazionale di discussione Spettroscopia Raman ed Effetti Non Lineari; Milano, Novembre 1999, presentazione orale

13. Color Centres and Polymorphism in Pure WO₃ and Mixed (1-x)WO₃-y ·xReO₂ Powders, 6th Euroconference on Solid State Ionics, Cetraro, Settembre 1999, presentazione orale.

7. BIOFISICA MOLECOLARE

7.1 CARATTERIZZAZIONE FISICA DI SISTEMI LIPIDICI UNILAMELLARI E DI PROTEINE

<i>Partecipanti:</i>	Sportelli L.	
	Bartucci R.	
	Guzzi R.	<i>Borsa Post-Doc INFM</i>
	Montesano G.	<i>Borsa Post-Doc INFM</i>
	Belsito S.	<i>Collaboratore Esterno</i>
	Rizzuto B.	<i>Laureando</i>
	Stirpe A.	<i>Laureando</i>
	Bruno C.	<i>Laureando</i>
<i>Collaborazioni:</i>	Dr. D. Marsh	<i>MPI feur Biophysikalische Chemie, Goettingen,(D)</i>
	Proff. W.G. Canters	<i>M. Ph. Verbeet, Gorleaus Laboratory, University of Leiden, (NL)</i>
	Prof. D. Grasso	<i>Dip. to di Sci. Chimiche, Univ. di Catania</i>
	Prof. C. La Rosa	<i>Dip. to di Sci. Chimiche, Univ. di Catania</i>
	Dr. D. Milardi	<i>Dip. to di Sci. Chimiche, Univ. di Catania</i>

7.2 PROPRIETA' FISICHE DI SISTEMI MODELLO DI BIOMEMBRANE

7.2.1 Effetto delle dimensioni sulle proprietà fisiche di soprastrutture molecolari di lipidi/polimero lipidi: Uno studio di ESR

Lipidi e polimero-lipidi, ottenuti questi ultimi legando covalentemente alla testa polare dei lipidi un polimero idrofilico e non tossico, sono stati dispersi a completa idratazione in strutture sopramolecolari di diverse dimensioni. Sono state studiate dispersioni multilamellari (MLV), dispersioni unilamellari di grandi dimensioni ottenute mediante estrusione attraverso filtri di policarbonato con pori di 100 nm (LULV), dispersioni unilamellari estruse attraverso pori di 50 nm (ULV) e, piccole dispersioni unilamellari (\cong 25 nm) ottenute mediante sonicazione (SULV). Lo scopo di questo studio è stato quello di

individuare l'effetto delle dimensioni fisiche della matrice lipidica di base sulla stabilità sterica di dispersioni di lipidi/polimero-lipidi. Come lipide è stato utilizzato il Di-palmitoilfosfatidilcolina (DPPC) e come polimero-lipide il Di-palmitoilfosfatidiletanolamina (DPPE) con sulla testa polare legato il Poli(etilene glicole) (PEG) di peso molecolare 350, 2000 e 5000 Da. Sulle varie dispersioni sono state eseguite misure di ESR a 9 GHz, usando la fosfatidilcolina spin-labellata a diverse posizioni lungo la catena idrocarburica (n-PCSL con n = 5, 7, 10, 12, e 16), in funzione della temperatura e del rapporto molare dei componenti le soprastrutture molecolari.

Per tutti i sistemi considerati esiste una concentrazione soglia di polimero-lipide che può essere inserita nella soprastruttura molecolare prima che questa venga destabilizzata e convertita a micella. In generale, minori sono le dimensioni fisiche dell'aggregato lipidico più efficace è il polimero-lipide ad indurre micellizzazione: SUV > ULV > LULV > MLV. Inoltre, la concentrazione di polimero-lipide che può essere inserita nella matrice fosfolipidica di base prima che avvenga la conversione a micella dipende dalla lunghezza dal peso molecolare del polimero nell'ordine: PEG:350 > PEG:2000 > PEG:5000.

7.3 STABILITA' TERMICA DI PROTEINE MUTATE

7.3.1 Studio spettroscopico e calorimetrico sulla stabilità termica della Cys3Ala/Cys26Ala Azurina mutata

Il ponte disolfuro fra la Cys3 e la Cys26 nell'azurina nativa è stato rimosso per studiare il contributo del legame -SS- all'elevata resistenza termica osservata per questa proteina (La Rosa et al. (1995), J. Phys. Chem. 99, 14864). La mutagenesi sito specifica è stata usata per sostituire entrambe le cisteine con due alanine. La caratterizzazione della azurina mutata Cys3Ala/Cys26Ala è stata fatta mediante spettroscopia di risonanza paramagnetica di spin elettronico (ESR) a 77 K, spettroscopia di assorbimento ottico UV-VIS, emissione di fluorescenza e dicroismo circolare a RT.

I risultati ottenuti mostrano che le caratteristiche spettrali dell'azurina mutata Cys3Ala/Cys26Ala sono molto simili a quelle dell'azurina nativa, indicando che la doppia mutazione non influenza in modo significativo sia la formazione della struttura terziaria della proteina che l'assemblaggio del sito di legame del metallo. L'unfolding termico della proteina è stato studiato mediante micro calorimetria differenziale (DSC), variazione dell'assorbimento ottico

a 625 nm, ed emissione di fluorescenza eccitando la proteina a 295 nm. L'analisi dei dati mostra che la transizione termica dallo stato nativo allo stato denaturato della proteina mutata segue lo stesso processo "multisteps" di denaturazione osservato per la proteina nativa. Inoltre, la rimozione del ponte disolfuro risulta in una considerevole riduzione della stabilità termodinamica della proteina. Infatti, le temperature di transizione registrate con le diverse tecniche risultano shiftate a temperature più basse di circa 20 °C rispetto a quelle dell'azurina nativa. Il valore dell'energia libera di Gibbs è circa la metà di quello trovato per l'azurina nello stato nativo. Questi risultati suggeriscono che il ponte disolfuro è un elemento strutturale che contribuisce in modo significativo alla elevata stabilità termica osservata per l'azurina nativa.

A PUBBLICAZIONI SU RIVISTE

A.1 Pubblicazioni su riviste internazionali

A.1.1 Pubblicazioni su riviste internazionali stampate nel 1999

1. R. Guzzi, L. Sportelli, C. La Rosa, D. Milardi, D. Grasso, M. Ph. Verbeet, G. W. Canters, *A spectroscopic and calorimetric investigation on the thermal stability of the Cys3Ala/Cys26Ala Azurin Mutant*, Biophysical J. 77, 1052-1063 (1999)
2. R. Guzzi, C. Arcangeli, A. R. Bizzarri, *A molecular dynamics simulation study of the solvent isotope effect on copper plastocyanin*, Biophysical Chem. 82, 9-22 (1999)

A.1.2 Pubblicazioni su riviste internazionali accettate nel 1999.

1. S. Belsito, R. Bartucci, G. Montesano, D. Marsh, and L. Sportelli, *Molecular and mesoscopic properties of hydrophilic Polymer-Grafted phospholipids mixed with phosphatidylcholine in aqueous dispersion: Interaction of dipalmitoyl N-poly (ethyleneglycol) phosphatidylethanolamine with dipalmitoylphosphatidylcoline studied by spectrophotometry and spin label electron spin resonance*, Biophysical J. (1999) in press

D COMUNICAZIONI A CONGRESSI

D2. Interventi a Congressi Nazionali

1. R. Bartucci, S. Belsito, G. Montesano, D. Marsh, and L. Sportelli, *A conventional and saturation transfer ESR study of lipid/polymer-lipid mixtures*, INFMeeting - Congresso Nazionale di Fisica della Materia, Catania 14-18 Giugno 1999.
2. Guzzi R., Sportelli L., La Rosa C., Milardi D., Verbeet M., Canters G. W., *An experimental model of the thermal unfolding of copper containing amicyanin: A thermodynamic and spectroscopic study*, INFMeeting - Congresso Nazionale di Fisica della Materia, Catania 14-18 Giugno 1999.

3. Guzzi R., Rizzuti B., Sportelli L., *Structure and dynamics of Cys3Ala/Cys26Ala Azurin mutant: Spectroscopic characterization and molecular dynamic simulation*, INFMeeting - Congresso Nazionale di Fisica della Materia, Catania 14-18 Giugno 1999