

MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA
DIPARTIMENTO PER LA PROGRAMMAZIONE IL COORDINAMENTO E GLI AFFARI
ECONOMICI - SAUS
PROGRAMMI DI RICERCA SCIENTIFICA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE
RICHIESTA DI COFINANZIAMENTO
(DM n. 20 del 19 febbraio 2002)
PROGRAMMA DI RICERCA - MODELLO A
Anno 2002 - prot. 2002027759

Parte: I

1.1 Programma di Ricerca di tipo: *interuniversitario*

Area Scientifico Disciplinare: *Scienze Fisiche*

1.2 Titolo del Programma di Ricerca

Testo italiano

Problemi Complessi in Meccanica Statistica e Teoria dei Campi: uno Studio Teorico, Analitico e Computazionale.

Testo inglese

Complex Problems in Statistical Mechanics and Field Theory: a Theoretical, Analytical and Computational Study.

1.3 Abstract del Programma di Ricerca

Testo italiano

Il nostro progetto organizza quattro gruppi con un passato scientifico di collaborazioni ed interazioni, con grandi interessi in comune, con uno schema di lavoro che trova una forte unita' in differenti metodi della fisica teorica e che si propone di raggiungere un gran numero di risultati che servono a chiarificare ed a definire una problematica comune.

Il terreno comune iniziale e' certamente quello della idee della Teoria dei Campi e, quindi, della Meccanica Statistica: la Fisica dei Sistemi Disordinati, cosi' com'e' discussa dai nostri gruppi, viene sviluppata a partire da queste idee, e costituisce uno degli assi portanti della nostra ricerca.

Da un lato i nostri gruppi di occupano di problemi connessi a questioni di fisica fondamentale, a problemi teorici che riguardano questioni di base: dall'altro le tecniche sviluppate in questo campo ci permettono di affrontare in modo quantitativo problemi di

natura piu' "applicata". La possibilita' di affrontare in modo, appunto, quantitativo questioni complicate relative a sistemi complessi e' la grande forza dell'applicazione dei metodi fisici a nuovi campi di ricerca. Questa e' una delle strade che i nostri gruppi stanno seguendo: e' in qualche modo un paradigma che si apre ed aiuta la comprensione di fenomeni complessi.

E' anche importante sottolineare che i nostri gruppi sono fortemente legati, nella loro formazione, nella loro ricerca, nelle scelte degli sviluppi da seguire, da vincoli intensi. Alcuni di noi sono stati studenti di altri, alcuni hanno condiviso lunghi periodi di lavoro in comune negli stessi Atenei: abbiamo avuto rapporti legati a sviluppi importanti in fisica numerica, o nell'analisi di processi stocastici, o in studi di fluidodinamica e di teoria dei campi. Il nostro lavoro comune continua ogni giorno ed e' una delle motivazioni forti di questo programma di ricerca.

Le linee principali di sviluppo del nostro progetto si muovono da un lato intorno allo studio della Fisica dei Sistemi Disordinati: il tentativo di comprensione dello Stato Amorfo e dei Sistemi Vetrosi, insieme all'analisi della fase di basse temperature di questi sistemi, e' uno dei tasselli fondamentali di quest'analisi.

L'altro punto chiave della nostra analisi e' costituito, come gia' dicevamo, dall'analisi di questioni fondamentali in teoria dei campi, e dallo studio analitico e numerico di problemi in fluidodinamica.

La parte piu' applicativa va da applicazioni piu' fenomenologiche della teoria di campo (pensiamo ad esempio al calcolo di sezioni d'urto cruciali nell'analisi di esperimenti di elevatissima complessita') allo studio di problemi di ottimizzazione (l'analisi del problema della "K-satisfability" sta ricevendo un enorme impulso della Fisica dei Sistemi Disordinati, anche dal punto di vista dello sviluppo di algoritmi efficienti). Problemi biofisici trovano in quest'ambito una collocazione naturale, cosi' come l'analisi di mercati e sistemi economici di agenti interagenti. Analisi di questo tipo di serie storiche sono rilevanti anche per l'analisi dati, ad esempio, di esperimenti interferometrici per la ricerca di onde gravitazionali, e noi cerchiamo di progredire anche in questo campo.

Testo inglese

Our project brings together four groups with a previous history of scientific collaborations and interactions, with many common interests, with an underlying unity in the proposed work in different methods in theoretical physics and which aim to arrive at a number of results which will clarify and define a common problem base.

The initial common ground is clearly that of field theory, and thus statistical mechanics: the physics of disordered systems, as approached in our groups, is developed around this idea and constitutes one of the main lines of our research.

On one hand, our groups deal with problems connected to issues of fundamental physics, theoretical problems that regard the most basic issues. On the other, the techniques developed in this field allow us to approach in a quantitative way problems of a more applied nature. The possibility of dealing in this quantitative way with difficult issues regarding complex systems is the great strength of physics methods applied to new research fields. This is one of the paths that our groups are pursuing: it is in a way a paradigm that helps to understand complex phenomena.

It is important to remark that our groups are close to each other in their formation, in their research, in the choices of the developments to pursue and in the strong links developed among them. Some of us have been students of others, others have shared long working periods in the same institutions: we have had relations linked to important developments in numerical physics, or in the analysis of stochastic processes, or in studies of fluid dynamics and field theory. Our work in common continues to this day and is one of the strong motivations for this research program.

The main lines of research in this projects revolve around, on one hand, the study of the physics of disordered systems: the attempt to understand the amorphous state and glassy systems, together with the analysis of the low temperature phase of these systems, is one of the fundamental building-blocks of this analysis.

The other key point of our analysis is, as already mentioned, the study of fundamental issues in field theory and of problems in fluid dynamics, both numeric and analytical.

The more applied part ranges from phenomenological applications of field theory (for instance the calculation of cross-sections, critical for the analysis of high-complexity experiments) to the study of optimization problems (K-SAT problems are receiving a great push from the physics of disordered systems, even from the point of view of efficient algorithms). Biophysical problems find a natural place in this environment, as well as the analysis of markets and economic systems made of interacting agents. Analysis of this kind of historical series are relevant also for data analysis, e.g. of interferometric experiments for gravity waves research, and we are seeking to make progress also in this field.

1.4 Durata del Programma di Ricerca: 24 mesi

1.5 Settori scientifico-disciplinari interessati dal Programma di Ricerca

- *FIS/02 - FISICA TEORICA, MODELLI E METODI MATEMATICI*
-

1.6 Parole chiave

Testo italiano

SISTEMI DISORDINATI ; ANALISI SEGNALI ; TRANSIZIONI DI FASE ; STATO VETROSO ; TURBOLENZA ; SIMULAZIONI NUMERICHE ; STATO AMORFO ; FLUIDODINAMICA ; MECCANICA STATISTICA

Testo inglese

DISORDERED SYSTEMS ; SIGNAL ANALYSIS ; PHASE TRANSITIONS ; GLASSES ; TURBULENCE ; NUMERICAL SIMULATIONS ; AMORPHOUS STATE ; FLUIDODYNAMICS ; STATISTICAL MECHANICS

1.7 Coordinatore Scientifico del Programma di Ricerca

PARISI

(cognome)

GIORGIO

(nome)

Professore ordinario

(qualifica)

04/08/1948

(data di nascita)

PRSGRG48M04H501M

(codice di identificazione personale)

Università degli Studi di ROMA

"La Sapienza"

(università)

Facoltà di SCIENZE MATEMATICHE FISICHE

e NATURALI

(facoltà)

FIS/02

(settore scient.discipl.)

Dipartimento di FISICA

(Dipartimento/Istituto)

06/49913481

(prefisso e telefono)

06/4463158

(numero fax)

Giorgio.Parisi@roma1.infn.it

(E-mail)

1.8 Curriculum scientifico

Testo italiano

Giorgio Parisi e' nato a Roma il 4 agosto 1948, ed ha compiuto gli studi universitari a Roma, laureandosi in fisica nel 1970, sotto la direzione di Nicola Cabibbo.

Ha svolto la sua attivita' di ricerca presso i Laboratori nazionali di Frascati, prima come borsista del Consiglio Nazionale delle Ricerche (1971-1973) e successivamente come ricercatore dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare(1973-1981). In questo periodo ha effettuato lunghi soggiorni all'estero: Columbia University, New York (1973-1974), Institut des Hautes Etudes Scientifiques, Bures-sur-Yvettes (1976-1977), Ecole Normale Superieure, Paris (1977-1978).

E' (o e' stato) membro dei comitati di redazione di numerose riviste (Nuclear Physics Field Theory and Statistical Mechanics, Communications in Mathematical Physics, Journal of Statistical Mechanics, Europhysics Letters, International Journal of Physics, Il Nuovo Cimento, Journal de Physique), dei consigli scientifici dell'Institut des Hautes Etudes Scientifiques, dell'Ecole Normale Superieure (per quanto riguarda la Fisica), della Scuola Normale di Pisa (classe di scienze), della SISSA di Trieste, dell'Human Frontiers Science Program Organization, dei comitati consultivi del CUN, della Scuola di Fisica di Les

Houches e dell'INFM.

Chiamato quale professore di ruolo nell'università di Roma nel febbraio 1981, e' stato dal 1981 al 1992 Professore di Istituzioni di Fisica Teorica presso l'Università di Roma II, Tor Vergata. Attualmente (dal 1992) e' professore di Teorie quantistiche presso l'Università di Roma "La Sapienza". Dal 1987 e' socio corrispondente e dal 1993 socio nazionale dell'Accademia dei Lincei; dal 1992 e' socio straniero della Accademia Francese. Nel 1992 ha ricevuto la medaglia Boltzmann (assegnata ogni tre anni dalla I.U.P.A.P. per la termodinamica e la meccanica statistica) per i suoi contributi alla teoria dei sistemi disordinati. Nel 1999 ha ricevuto la medaglia Dirac per la fisica teorica.

Testo inglese

He graduated from Rome University in 1970, the supervisor being Nicola Cabibbo. He has worked as researcher at the Laboratori Nazionali di Frascati from 1971 to 1981. In this period he has been in leave of absence from Frascati at the Columbia University, New York (1973-1974), at the Institut des Hautes Etudes Scientifiques (1976-1977) and at the Ecole Normale Supérieure, Paris (1977-1978).

He became full professor at Rome University in 1981, from 1981 he was to 1992 full professor of Theoretical Physics at the University of Roma II, Tor Vergata and he is now professor of Quantum Theories at the University of Rome I, La Sapienza. He received the Feltrinelli prize for physics from the Accademia dei Lincei in 1986, the Boltzmann medal in 1992, the Italgas prize in 1993, the Dirac medal and prize in 1999. In 1987 he became correspondent fellow of the Accademia dei Lincei and fellow in 1992; he is also fellow of the French Academy from 1993.

He gave in 1986 the Loeb Lectures at Harvard University, in 1987 the Fermi lectures at the Scuola Normale (Pisa) in 1993 the Celsius lectures at Upsala University.

He is (or he has been) member of the editorial board of many reviews (Nuclear Physics Field Theory and Statistical Mechanics, Communications in Mathematical Physics, Journal of Statistical Mechanics, Europhysics Letters, International Journal of Physics, Il Nuovo Cimento, Networks, Journal de Physique, Physica A, Physical Review E) and of the scientific committees of the Institut des Hautes Etudes Scientifiques, of the Ecole Normale Supérieure (Physique), of the Scuola Normale (Pisa), of the Human Frontiers Science Program rganization, of the scientific committee of the INFM and of the French National Research Panel and head of the Italian delegation at the IUPAP.

1.9 Pubblicazioni scientifiche più significative del Coordinatore del Programma di Ricerca

1. CAVAGNA A., GIARDINA I., GRIGERA T., PARISI G. (2002). **Geometric Approach to the Dynamic Phase Transition**. PHYSICAL REVIEW LETTERS. vol. 88, pp. 055502-055504.
2. ANGELANI L., DI LEONARDO R., PARISI G., RUOCCO G. (2001). **Topological Description of the Aging Dynamics in Simple Glasses**. PHYSICAL REVIEW LETTERS. vol. 87, pp. 085502-085505 preprint cond-mat/0011519.
3. GRIGERA T., MARTIN-MAYOR V., PARISI G., VERROCCHIO P. (2001). **Vibrational Spectrum of Topologically Disordered Systems**. PHYSICAL REVIEW LETTERS. vol. 87, pp.

085502-085505.

4. KRZAKALA F., HOUDAYER J., MARINARI E., MARTIN O. C., PARISI G. (2001). *Zero-Temperature Responses of a 3D Spin Glass in a Magnetic Field*. *PHYSICAL REVIEW LETTERS*. vol. 87, pp. 197204-197206.
5. MARINARI E., PARISI G. (2000). *On the Effects of Changing the Boundary Conditions on the Ground State of Ising Spin Glasses*. *PHYSICAL REVIEW B*. vol. 62, pp. 11677.

1.10 Elenco delle Unità di Ricerca

N°	Responsabile scientifico	Qualifica	Settore disc.	Università	Dipart./Istituto	Mesi uomo
1.	CARACCILO SERGIO	Prof. ordinario	FIS/02	MILANO	FISICA	197
2.	MARRA ROSSANA	Prof. ordinario	MAT/07	ROMA "Tor Vergata"	FISICA	186
3.	PARISI GIORGIO	Prof. ordinario	FIS/02	ROMA "La Sapienza"	FISICA	298
4.	TRIPICCIONE RAFFAELE	Prof. ordinario	FIS/02	FERRARA	FISICA	63

1.11 Mesi uomo complessivi dedicati al programma

	numero	mesi uomo
Personale universitario dell'Università sede dell'Unità di Ricerca (docenti)	12	206 (ore: 28325)
Personale universitario dell'Università sede dell'Unità di Ricerca (altri)	0	0
Personale universitario di altre Università (docenti)	2	33 (ore: 4521)
Personale universitario di altre Università (altri)	0	0
Titolari di assegni di ricerca	2	36 (ore: 4950)
Titolari di borse dottorato e post-dottorato	6	110 (ore: 15125)
Personale a contratto	7	130 (ore: 17875)
Personale extrauniversitario	14	229 (ore: 31373)
Totale	43	744 (ore: 102169)

2.1 Obiettivo del Programma di Ricerca

Testo italiano

Descriveremo qui, solo a grandi linee, gli obiettivi principali del nostro progetto di ricerca. Daremo poi piu' dettagli nell'ambito della descrizione della (sola) fase che compone il nostro piano di lavoro biennale.

Come gia' riassumevamo nell'abstract del programma di ricerca il nostro progetto organizza quattro gruppi con un passato scientifico di collaborazioni ed interazioni, con grandi interessi in comune, con uno schema di lavoro che trova una forte unita' in differenti metodi della fisica teorica e che si propone di raggiungere un gran numero di risultati che servono a chiarificare ed a definire una problematica comune. La nostra proposta continua il lavoro svolto con un finanziamento COFIN dell'anno 2000. Il terreno comune iniziale e' certamente quello della idee della Teoria dei Campi e, quindi, della Meccanica Statistica: la Fisica dei Sistemi Disordinati, cosi' com'e' discussa dai nostri gruppi, viene sviluppata a partire da queste idee, e costituisce uno degli assi portanti della nostra ricerca.

Da un lato i nostri gruppi di occupano di problemi connessi a questioni di fisica fondamentale, a problemi teorici che riguardano questioni di base: dall'altro le tecniche sviluppate in questo campo ci permettono di affrontare in modo quantitativo problemi di natura piu' "applicata". La possibilita' di affrontare in modo, appunto, quantitativo questioni complicate relative a sistemi complessi e' la grande forza dell'applicazione dei metodi fisici a nuovi campi di ricerca. Questa e' una delle strade che i nostri gruppi stanno seguendo: e' in qualche modo un paradigma che si apre ed aiuta la comprensione di fenomeni complessi. In questo senso i nostri obiettivi sono chiari: vogliamo risolvere dei problemi teorici, elaborare delle metodologie, applicare queste metodologie a sistemi di alta complessita' e riuscire a produrre delle previsioni quantitative sul loro comportamento.

Cominciamo in primo luogo da qualche elemento sui nostri studi di sistemi disordinati. Qui la teoria delle repliche e della rottura della simmetria delle repliche fornisce un quadro concettuale e tecnico che porta a porsi numerose questioni. La natura della fase di basse temperature in sistemi di spin "realistici" (cioe' finito-dimensionali, di tipo Ising o di tipo Heisenberg) e' una delle questioni chiave, che affrontiamo mediante metodi analitici e numerici: tecnologie inerenti al calcolo esatto delle configurazioni di spin nello stato fondamentale permettono di fare notevoli passi avanti in questa direzione. Le idee sviluppate nello studio della fisica dei sistemi disordinati si applicano a descrivere la struttura di materiali "veri" (anche senza disordine: il tentativo di descrizione dello stato amorfo e' basato proprio sull'analogia fra disordine e complessita') ma anche alla costruzione di un paradigma piu' generale e quindi alla spiegazioni di fenomeni molto vari, fuori dal quadro tradizionale delle "teorie fisiche".

Per quel che riguarda lo stato amorfo ricordiamo quindi qui lo studio del "Boson Peak", degli spettri vibrazionali, del fattore di struttura dinamico, e l'uso dei metodi di matrici aleatorie.

Ricordiamo ancora, a questo proposito, che stiamo investendo grandi energie nello studio di sistemi definiti su alberi di Bethe, stiamo sviluppando idee di Gruppo di Rinormalizzazione e cercando di sviluppare e rendere solidi i fondamenti teorici del campo (stabilita' stocastica, regole di somma "alla Guerra", ultrametricita' dello spazio degli stati).

Un altro obiettivo da citare e' lo studio di algoritmi che permettano la simulazione e la caratterizzazione di questi sistemi di grande complessita'.

Per quel che riguarda argomenti di teoria di campo cercheremo, fra le altre cose, di sviluppare studi di precisione per caratterizzare in modo accurato i punti critici dei sistemi di interesse. Citiamo anche gli studi di polimeri, eteropolimeri e cammini autoevitanti, dei quali vogliamo occuparci in modo accurato.

Fra gli argomenti piu' legati ad applicazioni dei nostri metodi citiamo per primi gli algoritmi ed i sistemi di calcolo che stanno diventando indispensabili nello studio di sistemi complessi. Ci si occupera' di due diverse aree, e cioe'

- 1. l'analisi di segnali stocastici, con particolare riguardo alla estrazione dei segnali provenienti da rilevatori interferometrici di onde gravitazionali;*
- 2. il calcolo di sezioni urto di eventi a multi-corpi di interesse fenomenologico per gli esperimenti agli attuali e futuri collider adronici.*

Per quanto riguarda il punto 1) sottolineiamo che i rivelatori interferometrici di onde gravitazionali attualmente in fase di sviluppo, sia a terra che nello spazio, produrranno una mole elevata di dati, da cui dovra' essere estratta una segnatura sperimentale su un fondo stocastico dominante. La metodologia utilizzabile a questo scopo, in particolare per l'analisi di eventi relativi a collapsi di sistemi binari e' quella del filtraggio ottimale, nella quale il segnale rumoroso viene proiettato su un "template" relativo al segnale atteso. Il problema fondamentale e' che esiste una intera famiglia di segnali attesi, parametrizzabile in termine di parecchie variabili fisiche relative al sistema che collassa (ad esempio, masse, momento angolare...). Il numero di "template" che dovranno essere utilizzati e' destinato a crescere nei prossimi anni, in corrispondenza ai progressi attesi nel calcolo teorico dei segnali emessi dal sistema collassante. L'uso di algoritmi di minimizzazione stocastica, del tipo di quelli sviluppati nello studio dei sistemi disordinati, potrebbe accelerare enormemente l'analisi dei dati.

I nostri gruppi portano avanti da vari anni una attivita' di ricerca in teoria della turbolenza

e dinamica di grande scala di sistemi di particelle interagenti. Questi due soggetti sono strettamente collegati: hanno a che fare entrambi con il formarsi di strutture su scale differenti nei fluidi ed hanno in comune molti metodi analitici e numerici. Studieremo soprattutto fenomeni di segregazione e moto di interfacce e problemi di turbolenza anisotropa, con metodi sia analitici che numerici.

Citiamo in ultimo altri punti di teoria dei campi e di meccanica statistica dei sistemi disordinati che vogliamo chiarire. Abbiamo in mente qui l'uso del Gruppo di Rinormalizzazione per chiarire il comportamento dei modelli sigma bidimensionali, algoritmi per lo studio di polimeri autoevitanti e non, i gas reticolari cui viene applicata una forza esterna, i liquidi di Luttinger e le statistiche anioniche, ed infine modelli biologici di motori molecolari. Discuteremo di alcune di queste questioni in modo un po' piu' dettagliato nelle altre sezioni di questo progetto.

Testo inglese

We described here, in general lines, the main goals of our project. We will give more details when describing the work plan.

As mentioned in the abstract, our project organizes four groups with a common scientific past of interaction and collaborations, with many common interests, with a work plan that finds an underlying unit in the different theoretical methods and which intends to arrive at a number of results that will be useful to clarify and define a common problem base. Our proposal continues with the work developed under the COFIN 2000 financed project. The initial common ground is clearly that of field theory, and thus statistical mechanics: the physics of disordered systems, as approached in our groups, is developed around this idea and constitutes one of the main lines of our research.

On one hand, our groups deal with problems connected to issues of fundamental physics, theoretical problems that regard the most basic issues. On the other, the techniques developed in this field allow us to approach in a quantitative way problems of a more applied nature. The possibility of dealing in this quantitative way with difficult issues regarding complex systems is the great strength of physics methods applied to new research fields. This is one of the paths that our groups are pursuing: it is in a way a paradigm that helps to understand complex phenomena. In this sense our goals are clear: we want to solve theoretical problems, develop methods, apply these methods to very complex systems and obtain quantitative predictions of their behavior.

Let us begin with some elements of our study of disordered systems. Here, replica theory and the theory of replica-symmetry breaking furnishes a technical and conceptual framework that leads to the posing of numerous questions. The nature of the low-temperature phase in "realistic" spin systems (i.e. finite-dimensional of the Ising or Heisenberg type) is one of the key issues, which will be dealt with through analytical and numerical methods: technologies inherent to the exact computation of spin configurations in

the ground state allow to make remarkable steps forward in this direction. The ideas developed in the study of the physics of disordered systems can be applied to describe the nature of "real" materials (even without disorder: the attempt to describe the amorphous state is based in the analogy between disorder and complexity), but also to build a more general paradigm and thus to explain different phenomena even outside the traditional picture of "physical theories".

Regarding the amorphous state, we mention here the study of the Boson peak of the vibrational spectrum, the dynamic structure factor and the use of random matrix methods.

Let us remark that we are dedicating a great deal of energy to the study of systems defined on Bethe trees. We are developing renormalization group ideas and trying to develop and strengthen the foundations of field theory (stochastic stability, sum rules "a la Guerra", ultrametricity of the state space).

Another goal to mention is the study of algorithm that will allow to simulate and characterize this very complex systems.

Regarding field theory, we will try, among other things, to develop high precision studies to characterize in an accurate way the critical points of the systems of interest. We should also mention the study of polymers, heteropolymers and self-avoiding walks, which we want to treat accurately.

Among the subjects closest to application of our methods, let us mention first the algorithms and calculation systems that are becoming indispensable in the study of complex systems. Two different areas will be covered:

1.
the analysis of stochastic signals, with special attention to the identification of signals coming from interferometric detectors of gravitational waves.
2.
calculation of cross-sections of many-body events, of phenomenological interest for experiments in present and future hadron colliders.

Regarding point 1, we remark that interferometric detectors of gravitational waves presently in the development phase, ground- as well as space-based, will produce a huge mass of data, from which an experimental signal will have to be extracted out of a dominant stochastic background. The methods to be employed for this end, in particular for the analysis of events related to collapse of binary systems, are those of optimal filtering, in which the noisy signal is projected over a template related to the expected signal. The basic problem is that there exists a whole family of expected signals, which can be parameterized

in terms of several physical variables (such as mass, angular momentum, etc). The number of templates to be used is bound to increase in the next years, as the theoretical calculations of signals of the collapsing systems is expected to progress. The use of stochastic minimization algorithms, of the kind of those developed in the study of disordered systems, could greatly accelerate the data analysis.

Our groups carry on since several years a research activity in the theory of turbulence and large scale dynamics of interacting particle systems. These subjects are closely connected: both deal with the formation of structures on different scales in fluids, and have many analytical and numerical methods in common. We shall study, above all, segregation phenomena and motion of interfaces, and problems of anisotropic turbulence, with methods analytical as well as numerical.

Finally let us mention other points in field theory and statistical mechanics of disordered systems we want to clarify. We have in mind the use of the renormalization group to clarify the behavior of the 2-D sigma model, algorithms for the study of self-avoiding polymers, lattice gases with an external force, Luttinger liquids and anionic statistics, and finally biological models of molecular motors. We will discuss some of these subjects more in depth in other sections of this project.

2.2 Base di partenza scientifica nazionale o internazionale

Testo italiano

Discuteremo qui le premesse principali da cui il nostro lavoro parte, e quindi anche dei contributi che i nostri gruppi hanno dato negli ultimi anni. Diciamo subito che in tutti i campi che descriveremo riteniamo che le nostre ricerche siano "state of the art" in campo internazionale: citiamo ad esempio il fatto che, nei due anni della durata del progetto COFIN che sta per scadere, il solo gruppo di Roma ha pubblicato piu' di cento lavori a stampa su riviste internazionali con referee. Tutti i partecipanti al progetto hanno presentato conferenze ad invito in convegni internazionali: i nostri gruppi hanno a loro volta organizzato convegni internazionali che hanno riscosso un notevole successo.

Descriviamo ora separatamente le competenze dei nostri gruppi di ricerca dividendole per settore.

Cominciamo da alcuni problemi rilevanti in teoria dei campi. I modelli di molti corpi in interazione sono l'arena naturale per una fenomenologia di sistemi complessi infinitamente ricca. Nel campo della meccanica statistica tradizionale i sistemi piu' difficili da studiare, ovvero quelli che presentano i comportamenti piu' interessanti, anche dal punto di vista delle applicazioni, sono quelli in regime fortemente non lineare, ovvero sistemi fortemente accoppiati. Abbiamo, nel recente passato, cominciato ad occuparci di:

1. *sistemi con gruppi di invarianza non abeliana: in particolare ci siamo interessati di modelli sigma in due dimensioni. Infatti questi sistemi sono un formidabile laboratorio teorico: essi si pensa condividono con le teorie di gauge in 4 dimensioni il fenomeno della liberta' asintotica in regime ultravioletto, ma non tutti gli autori condividono questa opinione che non ha ancora una solida base matematica. Le tecniche di analisi del comportamento di scala con la taglia finita del sistema, che noi abbiamo contribuito a sviluppare, ci hanno permesso di svolgere un ruolo nell'ambito di questa questione, ma ci sono ancora degli aspetti che necessitano di investigazioni ulteriori;*
2. *omopolimeri in fase collassata ed eteropolimeri vicini alla temperatura di ripiegamento. Per questo problema abbiamo sviluppato dei nuovi algoritmi di simulazione numerica che abbiamo dimostrato essere assai efficienti;*
3. *abbiamo accumulato una certa esperienza (anche grazie al contatto con gruppi sperimentali) nella modellizzazione di sistemi biologici concernenti il citoscheletro. Questa ricerca e' articolata in due filoni:

 - *il primo riguarda i fenomeni di diffusione forzata e di organizzazione per sistemi di microtubuli e proteine motrici;*
 - *il secondo ha a che fare con fenomeni attivi al livello del citoscheletro per i quali l'idrodinamica e' rilevante (in particolare sistemi propulsivi delle cellule eucariote, quali ciglia e flagelli).**
4. *sistemi di elettroni fortemente correlati con basso rumore presentano sorprendenti proprieta' in special modo in presenza di forti campi magnetici. Lo studio della termodinamica e della statistica si presenta come una formidabile sfida ancora in attesa di una sistemazione finale e soddisfacente. Noi abbiamo sviluppato alcune tecniche sia analitiche che numeriche per esaminare sia gli aspetti di equilibrio in presenza di campi esterni periodici (indici di Floquet), sia in regimi di non equilibrio stazionari. Abbiamo iniziato lo studio delle eccitazioni anioniche e della loro statistica.*

Mentre la meccanica statistica dei sistemi all'equilibrio termodinamico puo' vantare enormi successi, il nostro controllo sui gradi di liberta' collettivi macroscopici in condizioni differenti e' assai poco sviluppato. E' chiaro, invece, che la grande maggioranza dei fenomeni che osserviamo assai raramente puo' essere modellizzato come un sistema di equilibrio. Nondimeno il grosso sviluppo dei metodi, analitici e numerici, della meccanica statistica ha cominciato a trovare applicazione anche in condizioni che non sono quelle dei sistemi di equilibrio. Vogliamo concentrare la nostra attenzione qui ad almeno due estensioni attualmente percorribili: i sistemi disordinati ed i sistemi stazionari fuori dall'equilibrio.

1. *Nei sistemi disordinati accanto a variabili che si lasciano libere di fluttuare verso il loro equilibrio vengono introdotte altre variabili la cui dinamica si considera cosi' lenta da considerare questi gradi di liberta' come effettivamente congelati in condizioni sostanzialmente a caso. I successi ottenuti nell'esempio paradigmatico di questa categoria, quello dei vetri di spins, si sono dimostrati assai fruttuosi per affrontare una miriade di sistemi di questo tipo anche al di fuori del campo della fisica tradizionale: si passa dalle reti di neuroni, ai problemi di ottimizzazione*

- combinatoria, dai modelli di crescita allo studio dei mercati finanziari.*
- 2. Spesso la presenza di un campo esterno che cede energia ed induce delle correnti nel sistema in considerazione lo forza, in questo modo, fuori dall'equilibrio. Tuttavia si stabilisce spesso un regime stazionario che, anche se non può essere descritto da una distribuzione di Gibbs, ha molte proprietà in comune con i normali sistemi di equilibrio. In particolare si presentano dei fenomeni di transizione di fase con una fenomenologia di tipo confrontabile ai sistemi di Gibbs, come le leggi di scala e di universalità'.*
 - 3. La statistica delle eccitazioni anioniche si presenta molto complesso poiché ha alcuni aspetti rilevanti tuttora ignoti, in particolare non è nota la loro interazione effettiva. Si presenta quindi come un importante argomento di indagine. La base di partenza può essere lo stato di Laughlin che permette di introdurre in modo analitico il problema. Un'altra possibilità è quella di considerare un processo stazionario di non equilibrio, dove sia possibile introdurre un'algebra di Kac-Moody per le correnti (di bordo). Una ulteriore semplificazione consiste nel considerare le eccitazioni come un liquido di Luttinger.*

Discutiamo ora, come applicazione di tecniche teoriche basate sull'analisi stocastica, la metodologia utilizzabile ad esempio per l'analisi di eventi relativi a collassi di sistemi binari: si tratta di quella del filtraggio ottimale, nella quale il segnale rumoroso viene proiettato su un 'template' relativo al segnale atteso. Il problema fondamentale è che esiste una intera famiglia di segnali attesi, parametrizzabile in termini di parecchie variabili fisiche relative al sistema che collassa (ad esempio, masse, momento angolare...). Il numero di template che dovranno essere utilizzati è destinato a crescere nei prossimi anni, in corrispondenza ai progressi attesi nel calcolo teorico dei segnali emessi dal sistema collassante. L'uso di algoritmi di minimizzazione stocastica, del tipo di quelli sviluppati nello studio dei sistemi disordinati, potrebbe accelerare enormemente l'analisi dei dati.

Si tratta di un problema di calcolo ovviamente parallelizzabile, la cui ottimizzazione ha varie facce, sia fisiche che computazionali:

- 1. la scelta dei parametri fisici per i quali generare i template in modo da massimizzare il rapporto segnale-rumore.*
- 2. la correlazione dei risultati ottenuti su filtri diversi per massimizzare il segnale globale.*
- 3. le tecniche esplicite di calcolo parallelo dei vari filtri.*
- 4. L'analisi delle architetture di calcolo ottimizzate per il problema.*

I ricercatori che lavorano in questo progetto COFIN portano avanti da vari anni una attività di ricerca in teoria della turbolenza e dinamica di grande scala di sistemi di particelle interagenti. Questi due soggetti sono strettamente collegati: hanno a che fare entrambi con il formarsi di strutture su scale differenti nei fluidi and hanno in comune molti

metodi analitici e numerici. Recentemente questa parte della nostra ricerca e' stata rivolta allo studio dei fenomeni di segregazione di fase, in collaborazione con ricercatori della Rutgers University (USA), Atlanta University (USA), Livermore Lab (USA). Per quanto riguarda la turbolenza sviluppata, il gruppo di Tor Vergata ha recentemente dimostrato come sia necessario distinguere gli effetti anisotropi e isotropi per comprendere le leggi di scala della turbolenza. Queste ricerche sono state svolte in collaborazione con ricercatori del Weizmann Institute of Science (Israele) e della University of Twente (The Netherlands).

La base di partenza scientifica per i due campi di ricerca e' la seguente:

- *Fenomeni di segregazione e moto di interfacce. Lo studio della segregazione di fase nei fluidi e' di grande interesse teorico e rilevante per le applicazioni tecnologiche (ad esempio ricerca del petrolio o separazione di miscele di DNA). Questo e' un problema molto difficile: non e' ancora chiaro quale sia il corretto accoppiamento tra la equazione di Cahn-Hilliard per il parametro d'ordine e l'equazione di Navier-Stokes per il campo di velocità. Abbiamo proposto delle equazioni idrodinamiche per un fluido binario adatte a descrivere la separazione dinamica delle due specie. Tali equazioni descrivono il comportamento idrodinamico di un sistema microscopico di due specie di particelle interagenti attraverso forze repulsive a lunga portata e di hard-core. Abbiamo provato che i minimi del funzionale energia libera macroscopico associato a tale sistema sono omogenei ad alta temperatura e non omogenei a bassa temperatura, e descritto esplicitamente i profili che interpolano tra le due fasi. Questo sistema microscopico è descritto su scala cinetica da due equazioni di Vlasov-Boltzmann accoppiate che permettono di costruire un algoritmo numerico per simulare il comportamento del sistema su scale idrodinamiche. L'algoritmo usato è basato su una combinazione degli algoritmi DSMC e "particle to grid weighting" ed è molto efficiente e permette simulazioni con un numero di particelle di circa $O(10^6)$. Studi numerici preliminari basati su VBE confermano la formazione delle interfacce e anche gli esponenti previsti da Siggia per la crescita dei clusters a prevalenza di una sola specie.*
- *Turbolenza non isotropa. Problemi connessi alla turbolenza anisotropa e alla parametrizzazione a piccola scala sono di grande interesse per gli ingegneri, geofisici e astrofisici. Per quello che riguarda la turbolenza anisotropa gli studi attuali sui flussi laminari si concentrano in particolare su esperimenti su boundary layers o simulazioni numeriche di flussi in un canale. Dal punto di vista teorico l'approccio fenomenologico si basa principalmente sull'estensione dell'analisi di Kolmogorov (1941) a situazioni di flusso di momento diverso da zero. Tutti questi approcci si limitano a distinguere tra effetti isotropi e non isotropi in termini di una semplice analisi dimensionale. D'altro canto, le simulazioni numeriche sono limitate a piccoli (relativamente) numeri di Reynolds: al più 200. Di conseguenza, in tutte le simulazioni numeriche le proprietà di scala del range inerziale sono influenzate sia da effetti di larga scala che viscosi. L'analisi dei dati è attualmente rivolta alle misure di spettri di energia e co-spettri. Crediamo che il nostro approccio sia originale poiché permette di distinguere chiaramente fra contributi isotropi e anisotropi. Usiamo esplicitamente il fatto che le equazioni del moto delle funzioni di correlazione spazio-temporali a molti punti sono una gerarchia infinita di equazioni lineari per dedurre che la loro invarianza per rotazione comporta che lo spazio delle soluzioni è*

diviso in settori dalle rappresentazioni irriducibili del gruppo di simmetria $SO(3)$. In ogni settore esistono esponenti di scala universali e le quantità misurate sono rappresentate come somma sulle rappresentazioni irriducibili. Crediamo che questo approccio possa cambiare il modo in cui sono analizzati i dati sperimentali e numerici. Il gruppo all'Università di Tor Vergata ha svolto una ricerca di punta sugli aspetti numerici e teorici della turbolenza. E' stato tra i primo a sviluppare algoritmi basati su teorie di Boltzmann reticolari per simulazioni numeriche di turbolenza bi e tri-dimensionale. E' uno dei gruppi leader nell'uso della decomposizione in wavelet per l'analisi e la sintesi di segnali turbolenti .

Discutiamo in ultimo di questioni legate alla fisica dei sistemi disordinati e dello stato amorfo.

Traceremo in primo luogo un rapidissimo bilancio dei nostri studi dei vetri strutturali e dello stato amorfo. In secondo luogo i vetri di spin, in origine una delle idee ispiratrici di questa linea di ricerca. Discuteremo poi di applicazioni della meccanica statistica, della teoria dei campi e della teoria delle repliche a problemi di ottimizzazione (tipo K-SAT o "matching"). Illustreremo poi i contributi dati dal nostro gruppo allo studio di dinamica e statica di gas reticolari, di equazioni di tipo KPZ, ed in generale di problemi di teoria di campo. Discuteremo in ultimo alcuni contributi relativi a modelli di interesse biofisico (struttura secondaria del RNA) ed a modelli di mercati economici.

Cominciamo dal tentativo di comprensione dello stato amorfo. Le idee alla base di questo tentativo di spiegazione dello stato amorfo nasce dalla corrispondenza fra sistemi disordinati e sistemi di alta complessità': in questi casi il disordine si crea dinamicamente, e metodi analitici analoghi a quelli usati nell'analisi di sistemi disordinati aiutano a comprendere la situazione. Citiamo il tentativo di comprensione dell'origine del cosiddetto "Boson Peak", degli spettri vibrazionali nei vetri, del fattore di struttura dinamico, della suscettività non-lineare usando fra gli altri metodi di "random matrices".

La seconda linea di rilievo analizza materiali del tipo "vetri di spin". Sono stati analizzati concetti di dinamica, la fisica di $T=0$ e della linea dAT, la rottura di FDT. Sono stati discussi concetti relativi alle valli nel paesaggio di energia libera, modelli tipo Heisenberg, sono state sviluppate nuove idee di Gruppo di Rinormalizzazione, idee sul chaos in temperatura, la stabilità stocastica. In terzo luogo i problemi di ottimizzazione. Abbiamo affrontato vari problemi relativi a K-SAT e al matching. Come quarto punto citiamo i gas reticolari e le dinamiche, ad esempio, di tipo Kawasaki.

Al quinto posto le superfici di tipo KPZ. Citiamo qui un metodo di simulazione ottimizzato, usando il quale sono stati calcolati gli esponenti critici con alta precisione.

Al sesto posto le analisi di tipo teoria dei campi e serie di alte temperature. Citiamo anche le

analisi di cammini autoevitanti. Settimo i modelli con connotazione biologica. Citiamo qui alcuni risultati relativi alla formazione della struttura secondaria dell'RNA. All'ottavo ed ultimo posto citiamo modelli di mercati e di agenti in interazione.

Vogliamo infine ricordare ancora che in questi due anni i componenti dei nostri gruppi hanno anche partecipato a numerose conferenze internazionali, ospitato collaboratori di molte nazionalita' e visitato laboratori di molti paesi. Abbiamo inoltre organizzato conferenze, sugli argomenti discussi qui, che hanno avuto un notevole impatto. Negli ultimi due anni abbiamo formato un gran numero di studenti di Laurea e di dottorato, ed ospitato numerosi giovani assegnisti post-dottorali, oltre a visitatori italiani e stranieri per periodi di breve e media durata.

Testo inglese

We discuss here the starting point of our work, and hence also the contribution of our groups in the last years. Let us say from the outset that in all the fields we describe we hold our investigations to be state of the art internationally: we mention, for instance, the fact that in the two years of the COFIN project about to finish, the publications of just the Rome group amount to more than 100, all in international refereed journals. All the participants in the project have given presentations by invitation in international conferences, and our groups have, in their turn, organized highly successful international conferences. We shall next describe separately the background of our research groups by subject.

Let us begin with some relevant problems in field theory. Models of many bodies in interaction are the natural arena for an infinitely rich phenomenology in complex systems. In traditional statistical mechanics, the systems most difficult to study (i.e. those with the most interesting behavior, even from the point of view of applications) are those in a strongly non-linear regime, or strongly coupled. We have, in the recent past, dealt with:

1. *system with a non-Abelian group of symmetry: in particular non-linear sigma models in two dimensions. Indeed they are an important theoretical laboratory: they seem to share with 4-dimensional gauge theories the property of asymptotic freedom in the ultraviolet limit (but not all the authors agree, as there is not yet a solid mathematical proof). Finite size scaling, that we have contributed to make a powerful method of analysis, have been of great help to better understand this issue, but new investigations are needed to obtain a completely satisfactory resolution of all the questions involved.*
2. *homopolymers in the collapsed phase and heteropolymers near the crumpling temperature. For these problems we have developed new efficient Monte Carlo algorithms that we could show are very efficient.*
3. *We gained some experience in modeling biological systems related with the cell cytoskeleton, also thanks to the contact with some experimental groups. This research*

is focuses on two main areas:

- *The first concerns driven diffusion and organization phenomena for systems of cytoskeletal filaments and motor proteins.*
- *The second has to do with active phenomena for which hydrodynamics is relevant, in particular the propulsive systems of eukaryotic cells, cilia and flagella.*

4.

Strongly correlated electrons in a low noise medium provide a physical system with remarkable properties, particularly in a strong magnetic field. Their thermodynamics and statistical behavior are standing challenges for Physicists. The proponents of the present project have developed analytic and numerical techniques aiming to the study of the equilibrium properties in a periodic potential (Floquet indices) and of their behavior in stationary states (as for steady currents). The study of the anionic excitations and of their statistics has been started.

While equilibrium statistical mechanics got enormous success, our control of macroscopic collective degrees of freedom under different conditions is poorly developed. But, of course, the large majority of phenomena we observe cannot be described by equilibrium systems. We wish to concentrate here on at least two possible extensions that can be actually followed: disordered systems and stationary non-equilibrium systems.

1. *Disordered systems have, together with variables free to fluctuate towards their equilibrium, different variables whose dynamics is so slow that they can be considered effectively randomly quenched. The great achievements in the paradigmatic example within this category, spin glass models, have been fruitful also to attack a variety of systems outside the traditional field of application of physics: we go from neural networks to combinatorial optimization, from growth model to models of financial markets.*
2. *Often an external field produces work and induces currents in the system, driving it out of equilibrium. When a stationary state is achieved, this, which is not a Gibbs state, has nonetheless many features in common with that. In particular, there is evidence for phase transitions with a phenomenology quite similar to that of Gibbs states, like scale invariance and universality of the singularities.*
3. *The statistics of the anionic excitations is a difficult problem since some aspects of the system are still unknown. In particular very little is known about their effective interaction. This is a particularly interesting subject of research. The starting point could be the state proposed by Laughlin which has the advantage of allowing an analytic formulation of the problem. Another possibility is to consider a steady state where it is possible to introduce a Kac-Moody algebra for the currents (edge currents). The model can be simplified by describing the excitations as a Luttinger liquid.*

We discuss now, as application of the theoretical techniques based on stochastic analysis,

the methods used for instance for the analysis of events regarding the collapse of binary systems: the methods are those of optimal filtering, in which the noisy signal is projected over a template related to the expected signal. The basic problem is that there exists a whole family of expected signals, which can be parameterized in terms of several physical variables (such as mass, angular momentum, etc). The number of templates to be used is bound to increase in the next years, as the theoretical calculations of signals of the collapsing systems is expected to progress. The use of stochastic minimization algorithms, of the kind of those developed in the study of disordered systems, could greatly accelerate the data analysis.

The analysis procedure can be trivially parallelized. Its optimization has several aspects, both physical and computational:

- 1. The choice of the optimal template parameters, to maximize the signal/noise ratio.*
- 2. the correlation of results obtained on different filters in order to obtain the best global signal.*
- 3. the choice of the best computation algorithm for the filters.*
- 4. the analysis of the best computing architectures for the task.*

The researches involved in this COFIN project have been involved for many years in research in theory of turbulence and large scale dynamics of interacting particles. They subjects are strictly intertwined: both are concerned with the formation of small and large scale structures in the fluid and share both analytical and numerical methods. Recently we have been involved in a project concerning segregation phenomena in alloys and fluids in collaboration with researchers of Rutgers University (USA), Atlanta University (USA), and Livermore Lab (USA). As for turbulence, recently the group at Tor Vergata University, has shown the relevance of anisotropic effects induced by either large scale non-ideal forcing or by the boundary conditions in the scaling laws of turbulence. This research have been done in collaboration with scientists from the Weizmann Institute of Science (Israel) and from the University of Twente (The Netherlands).

The scientific starting points for both research fields are:

- Segregation phenomena and interface motion. It is of great theoretical interest and also relevant for technological application like oil recovery, separation of DNA mixtures, etc to study phase segregation in fluids. This is a very challenging problem: to start with, it is not yet clear what is the correct coupling between the Cahn-Hilliard equation for the order parameter and the Navier-Stokes equation for the fluid velocity. We have proposed a set of hydrodynamics equation for the motion of interfaces for binary fluids, describing separation of phases, based on a microscopic model of two species of particles interacting by hard core and long range potentials. The use of a long range potential (Kac potential) in models of particles on the lattice have been very successful in describing phase transition and interface motion in alloys. First of all, we have studied the equilibrium properties of this model and have proved that the minimizers of the macroscopic free-energy functional for this model are homogeneous*

at high temperature and non-homogeneous at low temperature and we have constructed the minimizers profiles interpolating between the two phases, each of them reach in one species. Then, we have shown that the behavior of this system on the kinetic scale is described by two coupled Vlasov-Boltzmann equations which have been used as basis for an algorithm for numerical simulations of the behavior of the system on hydrodynamic scales. This algorithm is based on a combination of DSMC and particle to grid weighting algorithm. It is very efficient and allows to simulate systems with about $O(10^6)$ particles. Preliminary numerical studies based on VBE confirm the formation of the interfaces and also the expected exponents (Siggia) for the growth of the clusters of separated phases.

- *Anisotropic turbulence and small scale parameterization. A number of aspects of the problems of anisotropic turbulence, and small scale turbulence parameterization have been addressed before in the engineering, geophysical and astrophysical community. The objective of this research effort is to focus on these more applied problems with the methods developed in the context of fundamental turbulence research. As for anisotropic turbulence the current studies of sheared flows mostly concentrate on experimental investigations on boundary layers or numerical simulations of channel flows [SV],[BO]. From the theoretical point of view, mainly one or two-point closures have been investigated in order to have a mean field control on large scale quantities. The phenomenological approach is mainly based on extending the Kolmogorov 1941 dimensional analysis to the situation with a non-vanishing flux of momentum. All these approaches are flawed by their inability to disentangle isotropic from anisotropic effects. On the other hand, numerical investigations are limited to relatively small Reynolds numbers: at most a Taylor-Reynolds number of about 200 can be achieved. Therefore the inertial range scaling properties are affected by both large scale and viscous effects. Data-analysis is currently mainly based on energy spectra and co-spectra measurements. We believe that our approach is original in offering a clear disentanglement of isotropic from anisotropic contributions. We use explicitly the fact that the equations of motion of many-point space-time correlation functions are an infinite hierarchy of linear equations to argue that their invariance to all rotations means that the solution space is foliated to sectors by the irreducible representations of the $SO(3)$ symmetry group. In every sector there exists universal scaling exponents, and the measured quantities are represented as sums over the irreducible representations. We believe that this approach will change the way experiments and numerical data are being analyzed. The group at the University of Rome "Tor Vergata" has a leading experience in numerical and theoretical aspects of turbulence. Members of the group have pioneered numerical algorithms based on Lattice-Boltzmann theory. They have also been among the leading groups in the use of wavelet decomposition for the analysis and synthesis of turbulent signals.*

Finally, let us discuss issues related to the physics of disordered systems and the amorphous state.

We will start with a summary of our studies of structural glasses and the amorphous state. In second place we shall mention spin glasses, originally one of the inspiring ideas for the whole research line. We discuss next applications of statistical mechanics, field theory and replica theory to optimization problems (matching or K-SAT). We go on with our group's

contributions to the study of the statics and dynamics of lattice gases, of KPZ-type equations and field theory problems in general (including some developments related to theories of self-avoiding walks). Finally, we discuss some contributions to models of biophysical interest (RNA secondary structure) and market models.

Let us begin with the attempt to understand the amorphous state. The basic idea in this attempt stems from the correspondence between disordered systems and systems with high complexity: in these cases the disorder is created dynamically, and analytical tools analog to those used for disordered systems are helpful to understand the situation. We can cite the attempt to understand the Boson peak (3) of the vibrational spectrum of glasses, of the dynamic structure factor and of the nonlinear susceptibility, using, among others, methods of random matrix theory.

The second important line concerns materials of the spin glass type. Dynamic concepts have been analyzed, as well as the physics at $T=0$ and of the dAT line, and FDT violations. Also, concepts concerning valleys in the free energy landscape, Heisenberg-type models, new renormalization group ideas are developed, ideas on temperature chaos, stochastic stability. In third place, optimization problems. We have dealt with several problems related to K-SAT and matching. As a fourth point we cite lattice gases and the different dynamics, for instance of the Kawasaki type.

Fifth, surfaces of the KPZ type. We cite here (9, 30), where a simulation method has been optimized, and the critical exponents have been computed with high precision.

In the sixth place, field-theoretic-type analysis and high temperature expansions. We cite also the analysis of self-avoiding walks (SAW). Seventh, biologically relevant models. We cite some results relevant to the RNA secondary structure. Eighth and last, interacting agents and market models.

Finally, it should be mentioned that in these two years the members of our group have also participated in many international conferences, hosted collaborators of different nationalities and visited laboratories in various countries. We have further organized conferences on the subjects here discussed, which have had a remarkable impact. In the last two years (we mean always the project co-financed by MIUR) we have been advisors to many MSc ("Laurea") and PhD students, and hosted numerous young postdocs as well as short- and medium-time visitors, both Italian and foreign.

2.2.a Riferimenti bibliografici

Indicheremo qui solo alcune referenze di base ed introduttive. Rimandiamo ai moduli delle singole unita' per referenze dettagliate sul lavoro fatto recentemente dai nostri gruppi./ We will quote here only a few introductory basic references. We address the reader to the detailed forms of the local units of the project for recent work from our groups.

Come introduzione alla teoria quantistica dei campi:/ as an introduction to Quantum Field Theory:

G. Parisi, Statistical Field Theory (Addison-Wesley, Redwood City 1988); J. Zinn-Justin, Quantum Field Theory and Critical Phenomena (Oxford University Press, Oxford 1989).

Per la teoria del "finite size scaling"/for finite size scaling:

J. L. Cardy, editor, Finite-Size Scaling (North-Holland, Elsevier, Amsterdam 1988); e referenze li' contenute/and references therein.

Per la teoria dei vetri di spin:/for spin glass theory:

*M. Mezard, G. Parisi and M. A. Virasoro, Spin Glass Theory and Beyond (World Scientific, Singapore 1987); K. Binder and P. A. Young, Rev. Mod. Phys. **58** (1986) 801; K. H. Fischer and J. A. Hertz, Spin Glasses (Cambridge University Press, Cambridge 1991).*

Teoria dei campi, sistemi disordinati e molto altro.../Field Theory, Disordered Systems and Much More...

G. Parisi, Field Theory, Disorder and Simulations (World Scientific, Singapore 1992).

Per un'introduzione ai metodi Monte Carlo, una discussione dei metodi di simulazione ottimizzati (tipo "tempering"), una discussione del calcolo degli errori ed altro:/For an introduction to Monte Carlo methods, a discussion of optimized simulation methods (like tempering), a discussion of error analysis and more see:

J. Kertesz and I. Kondor, editors, Advances in Computer Simulation (Springer Verlag, 1998), cond-mat/9612186.

Per la cinetica si veda ad esempio:/for kinetics see for example:

J. S. Langer, An Introduction to the Kinetics of First Order Phase Transitions, in Solids Far From Equilibrium, edited by C. Godreche (Cambridge University Press, Cambridge 1991).

Per approcci numerici all'equazione di Boltzmann si veda:/for numerical approaches to Boltzmann equations see:

*R. Benzi, S. Succi and M. Vergassola, The Lattice Boltzmann Equation: Theory and Applications, Phys. Rep. **222** (1995) 145; e referenze li' contenute/and references therein.*

Un articolo chiave e' qui:/a basic paper is here:

*E. D. Siggia, Phys. Rev. A **20** (1979) 595.*

Per la dinamica dei polimeri:/for polymer dynamics:

M. Doi and S. F. Edwards, The Theory of Polymer Dynamics (Oxford University Press, London 1986).

Ancora una rassegna importante sulla fisica fuori dall'equilibrio:/one more important review on out-of-equilibrium physics:

M. C. Cross and P. C. Hohenberg, Pattern Formation Outside of Equilibrium, Rev. Mod. Phys. 65 (1993) 2.

Per le applicazioni all'effetto Hall quantistico che prevediamo di analizzare:/for the applications to the Quantum Hall Effect that we plan to investigate:

Z. F. Ezawa, Quantum Hall Effect (World Scientific, Singapore 2000); S. D. Sarma and A. Pinczuk, editors, Perspectives in Quantum Hall Effects (John Wiley, New York 1997).

Per il filtraggio di segnali in esperimenti di osservazione di onde gravitazionali si veda ad esempio:/for filtering of signals from gravitational wave experiments see for example:

B. J. Owen and B. S. Sathyaprakash, Matched Filtering of Gravitational Waves From Inspiring Compact Binaries: Computational Cost and Template Placement, Phys.Rev. D 60 (1999) 022002, gr-qc/9808076; e referenze li' contenute/and references therein.

2.3 Numero di fasi del Programma di Ricerca: 1

2.4 Descrizione del Programma di Ricerca

Fase 1

Durata: 24 mesi **Costo previsto:** 461.500 Euro

Descrizione:

Testo italiano

Discuteremo qui in qualche dettaglio il programma di ricerca che le quattro unita' del progetto cercheranno di portare a termine. Il nostro progetto, biennale, si articola in una sola fase: ci sembra infatti che due anni sia la scala di tempo ragionevole per verificare l'interesse dei risultati di un programma di ricerca come il nostro.

*Cominciamo con un'analisi dei nostri piani per quel che riguarda i **sistemi disordinati e vetrosi**.*

Attraverso i metodi della teoria statistica dei campi studieremo dal punto di vista teorico le proprietà dinamiche dei vetri strutturali. Cercheremo di spiegare le spettacolari proprietà fisiche di questi sistemi attraverso una comparazione dettagliata di teoria ed esperimenti. I recenti sviluppi delle tecniche di scattering inelastico di raggi X hanno permesso uno studio dettagliato della dinamica di alta frequenza (0.1 THz) dei vetri strutturali. Cercheremo di comprendere analiticamente le caratteristiche universali comuni ad un vasto gruppo di materiali: la reale esistenza del suono di alta frequenza, lo scaling della larghezza di linea, il picco bosonico e la presenza di altri picchi nel fattore di struttura dinamico. Studieremo inoltre il ruolo delle eccitazioni trasverse in questa fenomenologia e le proprietà di localizzazione (nel senso dato da Anderson) delle vibrazioni. Questi sviluppi, a parte il loro interesse intrinseco, sono una chiave fondamentale per comprendere la transizione vetrosa.

Useremo principalmente, appunto, metodi di Teoria dei Campi (modelli effettivi, approssimazione di campo medio, espansioni diagrammatiche, e metodi Montecarlo). Lavoreremo in approssimazione armonica, in un regime descritto da matrici random (con la complicazione delle correlazioni dovute all'invarianza traslazionale). Estenderemo le equazioni per la self-energia ottenute in uno sviluppo di alta densità al caso con eccitazioni longitudinali e trasverse, e al caso di particelle correlate. Considereremo approssimazioni che interpolino l'espansione di alta densità con quella di bassa densità. L'espansione di alta densità è la più naturale per i vetri, ma la localizzazione delle vibrazioni (sempre nel senso di Anderson) è più accessibile in uno sviluppo di bassa densità. La formulazione in termini di teoria dei campi sarà cruciale per questo sviluppo. A questo punto studieremo la transizione vetrosa, la viscosità dei liquidi sopraraffreddati e l'origine del picco bosonico.

Generalizzeremo in primo luogo le equazioni integrali di alta densità per le vibrazioni vettoriali. In seguito ci occuperemo di particelle correlate, realizzando misure molto accurate della funzione di correlazione di coppia statica, per mezzo di simulazioni di dinamica molecolare. Per ultimo ci occuperemo dell'interpolazione tra regime di alta e bassa densità.

Lo studio delle vibrazioni armoniche vettoriali chiarificheranno il ruolo dei modi trasversi nelle differenti caratteristiche spettrali riscontrate. Una buona approssimazione che tenga conto degli effetti di correlazione in sistemi con potenziali realistici permetterà un confronto più significativo con gli spettri sperimentali. Il trattamento unificato del regime di bassa ed alta densità daranno un quadro di riferimento utile per il suono di alta frequenza e la localizzazione. Infine riteniamo che il confronto con questi problemi e queste tecniche siano la via per una più profonda comprensione della transizione vetrosa attraverso l'attacco per via analitica dei modi normali istantanei e del panorama energetico.

Un altro argomento che per noi risulta di grande importanza e' quello dei vetri di spin. Conviene probabilmente citare tre argomenti sui quali speriamo di dare dei contributi nei prossimi due anni.

- *In primo luogo esperimenti numerici che tentino di riprodurre gli interessantissimi risultati degli esperimenti veri. Gli effetti di memoria e di memoria multipla, ad esempio, non sono stati ancora spiegati dal punto di vista teorico. Si pongono qui questioni fondamentali: un vetro di spin di tipo Ising descrive l'evidenza sperimentale dalla quale siamo partiti? O forse e' necessario avere modelli di tipo Heisenberg per osservare comportamenti di questo tipo?*
- *In secondo luogo citiamo calcoli di stati fondamentali di vetri di spin, e, per quel che riguarda il caso bidimensionale anche il calcolo esatto dell'intera funzione di partizione (interagiamo a questo proposito con gruppi di matematici applicati che hanno forti competenze in questo tipo di tecniche).*
- *Citiamo in ultimo l'annosa questione della descrizione teorica dei modelli di tipo vetro di spin in dimensione finita. Sia con tecniche Monte Carlo, che tecniche di stati fondamentali che tecniche analitiche cercheremo di chiarire le proprieta' tipiche della fase di basse temperature di questi sistemi.*

Discutiamo ora in un qualche dettaglio di "complessita'". La complessita' computazionale di un problema indica come devono crescere le risorse computazionali (per esempio, tempo di CPU e memoria) richieste per risolvere tale problema all'aumentare del numero N delle variabili del problema stesso. La classificazione di problemi, sia decisionali che di ottimizzazione, in classi equivalenti di complessita' ha portato alla definizione delle classi P ed NP . La prima contiene problemi per cui e' noto almeno un algoritmo che li risolva in un tempo polinomiale in N . Nella classe NP (o meglio ancora nella classe degli NP -completi) troviamo, invece, tutti quei problemi che attualmente richiedono risorse esponenziali in N . Allo stato attuale i problemi NP non possono essere studiati in maniera soddisfacente visto che la crescita esponenziale della loro complessita' computazionale permette di trovarne la soluzione solo per taglie piccole.

Nell'ambito dello studio della complessita' computazionale si e' sviluppato negli ultimi anni un interesse molto grande per degli ensemble di problemi random che presentano, al variare di un qualche parametro, delle vere e proprie transizioni di fase (il modello maggiormente studiato in questa categoria e' la random 3-SAT). In corrispondenza di tali transizioni si accumulano i problemi piu' duri. La strada per la loro risoluzione passa da una comprensione dettagliata delle cause fondamentali che rendono i problemi intorno alla transizione cosi' difficili da risolvere.

Alcuni importanti passi in avanti sono stati fatti negli ultimi anni grazie all'uso di alcune tecniche analitiche di meccanica statistica (metodo delle repliche e metodo della cavita') e di alcuni concetti fisici (transizione di fase disordinata del primo ordine, transizione dinamica, ...) ben noti nello studio dei sistemi disordinati. In particolare, per modelli quali la random 3-SAT, e' stato possibile capire la tipologia della transizione (disordinata del primo ordine) e il fenomeno fisico che rallenta ed eventualmente blocca gli algoritmi di ricerca di soluzioni: la nascita di stati metastabili vetrosi in vicinanza del punto critico ha l'effetto di intrappolare ogni dinamica locale di rilassamento.

Visti i validi risultati ottenuti negli ultimi anni nel campo della complessita' computazionale grazie all'uso di tecniche di meccanica statistica precedentemente sviluppate nell'ambito dello studio dei sistemi disordinati, vorremmo portare avanti questa linea di ricerca su piu' fronti.

Da un lato vorremmo risolvere altri problemi di alto interesse non solo per i fisici: esempi sono il (bi-)coloring di grafi ed ipergrafi random e simili problemi di ottimizzazione, e i codici di correzione di errori.

Sfruttando l'ottima descrizione dei problemi che e' stata raggiunta, vorremmo proporre un metodo di ricerca delle soluzioni che lavori usando delle variabili di rilevanza fisica (i campi di cavita'). Questo permetterebbe un controllo molto accurato delle proprieta' di convergenza dell'algoritmo. Il nostro obiettivo finale e' quello di sviluppare un algoritmo di risoluzione che riesca a superare gli stati metastabili vetrosi (stati di soglia) e che quindi possa essere usato anche nelle condizioni in cui quelli attuali falliscono.

Da un altro lato vorremmo iniziare lo studio sistematico di alcuni rilevanti sistemi disordinati (ad esempio vetri di spin) lavorando sulla singola realizzazione del disordine, invece che, come al solito, sull'ensemble. Analogamente a come gli esperti di tecnologia dell'informazione analizzano i loro problemi, noi vorremmo studiare i singoli campioni dei nostri sistemi disordinati, alla ricerca di una descrizione piu' accurata di aspetti fisici quali ad esempio le eterogeneita'.

Questo approccio sul singolo campione potrebbe risultare molto efficace anche per il calcolo degli stati di bassa energia, ed eventualmente anche ground states, nei vetri di spin in dimensioni finite.

*Un'altra linea per noi fondamentale e' quella della **teoria dei campi**. E' utile elencare qui brevemente i punti principali che stiamo investigando:*

1. *Studio di sistemi di spin: determinazione degli esponenti critici e della equazioni di stato per sistemi con $N = 1,2,3$.*
2. *Studio di sistemi di spin diluiti con disordine quenched: determinazione degli indici critici con metodi di teoria di campo.*
3. *Elimagneti ed antiferromagneti triangolari stacked: studio del comportamento critico con metodi di gruppo di rinormalizzazione.*
4. *Polimeri in fase diluita: sviluppo di nuovi algoritmi per simulazioni in fase compatta.*
5. *Studio della operator-product-expansion su reticolo.*
6. *Studio di perturbazioni geometriche in modelli sigma bidimensionali.*

Ci interessera' nel prossimo periodo affrontare una serie di nuove problematiche. Abbiamo in mente fra l'altro:

1. *Studio Monte Carlo di proprieta' critiche di liquidi: calcolo della viscosita' in regime critico.*
2. *Studio perturbativo di sistemi complessi tridimensionali: in particolare, i fenomeni di crossover in sistemi antiferromagnetici in campo magnetico ed in superconduttori nell'ambito del modello SO(5).*
3. *Polimeri in fase diluita: fattore di struttura per varie conformazioni polimeriche.*

Una seconda parte dei nostri interessi in teoria dei campi ha a che fare con lo studio dei modelli sigma, delle transizioni di fase e di polimeri.

Vediamo qualche punto chiave:

- *Ci proponiamo di chiarire definitivamente le differenze nel comportamento critico di modelli sigma in due dimensione quando il gruppo di simmetria non abeliano e' continuo o discreto, e di verificare le previsione che vengono dalla analisi perturbativa standard del flusso del gruppo di rinormalizzazione.*
- *Riteniamo che gli algoritmi da noi messi a punto per lo studio di polimeri ci mettano nelle condizioni di eseguire degli studi numerici assai piu' dettagliati di quanto non sia stato fatto sulla transizione alla fase collassata. Essi dovrebbero infatti essere in grado di studiare i modi diffusivi lungo la catena e muovere pezzi di struttare secondarie assemblate come quelle ad elica alpha.*
- *Nella teoria della complessita' la classificazione di problemi in termini del costo computazionale necessario a risolvere gli esempi "piu' difficili" all'interno di una certa classe puo' essere utilmente estesa allo valutazione del costo computazionale "tipico" per i problemi di tale classe. Infatti spesso la probabilita' che i problemi piu' duri si realizzino e' trascurabile. In uno studio di tipo statistico i metodi sviluppati nell'ambito dei sistemi disordinati si dimostrano si stanno dimostrando assai utili. Una*

migliore comprensione dei meccanismi che sono responsabili dell'apparizione degli esempi di problemi piu' difficili puo' permettere un decisivo miglioramento degli algoritmi attualmente diffusi nelle svariate applicazioni. Abbiamo di recente formulato un modello che presenta la caratteristica "transizione di fase" ma permette una serie di investigazioni analitiche che sono precluse a modelli simili: ci proponiamo di utilizzarlo per meglio confrontare alcune delle metodologie introdotte in questo campo. Tale modello ha poi delle applicazioni anche nello studio di algoritmi di codifica e piu' in generale per problemi di inferenza statistica.

- *Abbiamo recentemente introdotto una definizione di lunghezza di correlazione utile a discutere sistemi stazionari fuori dall'equilibrio per l'azione di un campo forzante, dove pure il decadimento delle funzioni di correlazione e' algebrico per ogni temperatura. Ci pare naturale utilizzare tale lunghezza per utilizzare le metodologie di analisi del comportamento di scala al variare della taglia finita del sistema, che sono le piu' potenti per determinare il comportamento critico. Questo permetterebbe di dirimere una annosa polemica su alcune previsioni teoriche che sono ancora oggi in discussione nel cosiddetto Driven Lattice Gas.*
- *Ci proponiamo di considerare il contributo di un liquido di Luttinger (per le eccitazioni anioniche) alle funzioni di correlazione di vario ordine. In particolare risulta molto interessante la funzione di correlazione associata alle fluttuazioni in un esperimento di Hanbury Brown e Twiss, ove la statistica delle eccitazioni anioniche puo' manifestarsi in modo chiaro.*
- *Gli aspetti della statistica degli anioni possono essere anche esaminati in un processo di perdita di fase in un esperimento a' la Bohm-Aranov. Il calcolo dello "shot noise" mediante il formalismo di Keldysh dovrebbe evidenziare le caratteristiche della statistica frazionaria degli anioni.*
- *Abbiamo elaborato un modello ispirato a esperimenti di auto-organizzazione di microtubuli e motori, basato sui driven latticegas, che propone come variabili rilevanti sia la forzante locale dei motori biologici sia l' interazione di volume escluso tra i polimeri e mostra un ricco diagramma di fase che include stati assorbenti e stati stazionari di nonequilibrio inomogenei. Ci proponiamo di estendere questo modello includendo*
 1. *l'effetto della forzante sui gradi di liberta'rotazionali dei filamenti, tipo modello proposto da Kardar in campo medio (generazione di vortici);*
 2. *il problema della instabilita' dinamica che appare rilevante da esperimenti per l'organizzazione dei microtubuli nelle varie fasi del ciclo cellulare e che abbiamo gia' analizzato nel caso la dinamica diffusiva forzata di un solo microtubulo in un esperimento di "motility assay", individuando le condizioni per la violazione della dinamica diffusiva su lunghe scale.*
- *Abbiamo introdotto di recente un modello semplificato che permette di studiare fenomeni legati all'interazione idrodinamica tra ciglia, quali la generazione spontanea di flusso idrodinamico e la formazione di pattern spazio-temporali (onda metacronale). Abbiamo risultati nel caso in cui l'*

energia fornita al sistema sia un processo stocastico temporalmente modulato (descritto da un propagatore tipo Brazowski della MS d'equilibrio) Vorremmo estendere a processi genuinamente Poissoniani e fortemente non additivi, processi corrispondenti a varie possibilita' per il motore interno del singolo oggetto. Attraverso questo modello vorremmo individuare le caratteristiche essenziali del complesso attivo interno alle ciglia che danno luogo ai vari fenomeni su larghe scale. Al momento stiamo studiando modi di affrontare attraverso modelli piu' dettagliati le proprieta' dinamiche del singolo filamento come oggetto esteso.

Come abbiamo gia' discusso sono anche particolarmente rilevanti, ai fini della riuscita del nostro progetto, applicazioni di tecniche derivate dalla teoria di campi alla comprensione di esperimenti fondamentali di alta complessita'.

Cominciamo citando due questioni di grande importanza:

- 1. lo sviluppo di **metodologie di estrazione di segnali** di cui sia noto l'andamento aspettato, dipendente da una famiglia di parametri fisici, su un fondo di rumore stocastico di cui siano note (od almeno ragionevolmente stimabili) le proprieta' statistiche;*
- 2. lo studio della fenomenologia di interesse per i futuri colliders adronici utilizzando ed ulteriormente sviluppando **sistemi automatici computerizzati per la valutazione delle sezioni d'urto** relative a processi a molte particelle in teoria perturbativa.*

Per quanto riguarda il primo dei due argomenti, l'analisi verra' fatta tenendo come riferimento i segnali rivelabili da esperimenti per la rivelazione interferometrica di onde gravitazionali in corso di realizzazione a terra (Virgo, LIGO) e proposti su satelliti (LISA), mantenendo pero' una generalita' di analisi. Analogamente, per quanto riguarda la parte piu' propriamente computazionale molti test verranno svolti sui sistemi di calcolo dedicati e "general-purpose", ma concentrandosi su aspetti indipendenti (o debolmente dipendenti) dai particolari sistemi di calcolo utilizzati.

In dettaglio, i problemi che si vogliono affrontare sono i seguenti:

- 1. Utilizzazione di sistemi di calcolo massicciamente paralleli di tipo SIMD per il calcolo contemporaneo di filtri di Wiener su un insieme di template. In dettaglio:*
 - *analisi dei criteri di assegnazione dell'insieme dei template ai vari processori del sistema ai fini del bilanciamento del costo del calcolo;*
 - *analisi dei criteri di assegnazione dell'insieme dei template ai*

- vari processori ai fini di una efficiente correlazione tra risultati di filtri relativi a parametri di valore simile tra di loro;*
- *analisi del trade-off nella efficienza di calcolo totale tra efficienza algoritmica e richiesta di memoria.*

2. *Ottimizzazione della scelta dei parametri fisici su cui valutare i template di calcolo. Attualmente sono disponibili calcoli della forma aspettata del segnale gravitazionale relativi a sistemi stellari trattati in forma approssimata analitica e parametrizzati da due soli parametri (ad esempio, la massa totale e la massa ridotta del sistema). Su tale base sono state sviluppati metodi di scelta del set ottimale di template utilizzabili in uno spazio bidimensionale di parametri. Sono però in corso calcoli più complessi (sia analitici che numerici) della forma funzionale aspettata del segnale che tengano conto di un maggior numero di parametri del sistema (ad esempio, momento angolare, eccentricità). Ci proponiamo quindi di analizzare il problema di sviluppare metodi di selezione dei parametri dei template in uno spazio multi-dimensionale in modo da garantire il voluto rapporto segnale rumore. Un metodo promettente di indagine in questo senso è quello basato su tecniche di derivazione dinamica molecolare, in cui un set di pseudo-particelle si muove nello spazio dei parametri interagendo tra di loro con un "potenziale" che misura il deficit di rapporto segnale rumore rispetto al valore voluto.*
3. *Analisi della correlazione tra i risultati del filtraggio su template relativi a parametri di poco diversi tra loro. Le tecniche di analisi discusse in precedenza producono un set di correlazioni tra segnale aspettato e segnale misurato di dimensione uguale al numero dei template utilizzati. Il problema logicamente seguente è quello di combinare tali correlazioni per massimizzare la probabilità di individuare un singolo evento di onda gravitazionale. Il problema va affrontato sia a livello fisico che a livello computazionale (a quest'ultimo riguardo il problema è quello di ridurre la massa di dati prodotta dall'insieme dei filtri). Ci si propone di affrontare l'analisi del trade off tra un approccio singolo livello, in cui vengono calcolati filtri relativi a tutti i possibili template e si utilizza come soglia di trigger un livello relativamente alto di rapporto segnale rumore, ed un approccio gerarchico in cui inizialmente si utilizza un set di filtri a grana grossa, che verranno poi riesaminati nel caso di superamento di una più bassa soglia nel rapporto segnale/rumore.*
4. *Ottimizzazione delle tecniche di calcolo parallelo e vettoriale delle trasformate di Fourier (FFT). Quest'ultimo punto, di natura più direttamente computazionale, si basa sull'osservazione che il calcolo contemporaneo di più filtri su uno stesso nodo di calcolo implica un alto traffico di dati tra processore e memoria e quindi può essere limitato non dalla potenza di calcolo disponibile, ma dalla banda di comunicazione con la memoria. Ci si propone quindi di analizzare algoritmi di calcolo che ottengano migliori prestazioni utilizzando pattern di accesso di dati che richiedano minori bande di*

comunicazioni o che permettano un uso piu' efficiente delle memorie cache.

Per quanto riguarda invece i calcoli di sezioni d'urto, necessari per la comprensione dei piu' recenti esperimenti di fisica fondamentale, ci interessera' soprattutto:

- 1. Produzione associata di bosoni H, coppie di quarks pesanti e jets leggeri al fine di studiare la sensibilita' ai parametri del settore di Yukawa dello Sm e affinare le strategie per l'effettuazione di queste misure*
- 2. Produzione di bosoni di gauge (fino a quattro bosoni pesanti) e jets leggeri al fine di affrontare lo studio del settore non abeliano della teoria EW e di valutare la sensibilita' sperimentali a couplings anomali effettivi nel settore di gauge, ovvero a potenziali signature indirette di fisica non convenzionale*
- 3. Produzione associata di bosoni H, bosoni di gauge pesanti e jets leggeri al fine di studiare la sensibilita' sperimentale delle misure degli accoppiamenti fra il bosone di Higgs e i bosoni di gauge e delle misure del potenziale di Higgs*
- 4. Produzione di molti jets.*

*Torniamo in ultimo a problemi in cui la complessita' genera **comportamenti turbolenti**, ed allo sviluppo ed alla **dinamica di interfacce**.*

Discutiamo in primo luogo di fenomeni di segregazione e moto di interfacce. Siggia ha osservato che nelle fasi finali del processo di segregazione di fase in un fluido binario si sviluppano interfacce sharp tra i domini delle due fasi e il processo di "coarsening" è essenzialmente dovuto ai flussi idrodinamici guidati da queste interfacce elastiche. In tale regime la dimensione dei domini dovrebbe crescere seguendo una legge a potenza nel tempo con un esponente k . Tale esponente può essere determinato attraverso argomenti dimensionali basati sull'equazione di Navier-Stokes, oppure attraverso argomenti di stabilità lineari basati di nuovo sull'equazione di Navier-Stokes. C'è un ampio dibattito in letteratura, anche recentemente, sulla correttezza di tali esponenti sono state effettuate moltissime simulazioni numeriche con metodi differenti che danno risposte contraddittorie. Pensiamo che l'algoritmo che abbiamo elaborato basato sulle equazioni di Vlasov-Boltzmann sia particolarmente indicato per dirimere la questione. Siamo interessati a studiare l'effetto del campo di velocità sull'interfaccia e dell'interfaccia sul campo di velocità. D'altro canto pensiamo che sia importante una analisi teorica per capire esattamente su che scale possa ritenersi valida la descrizione di Siggia.

Crediamo di poter provare che il comportamento delle soluzioni delle

equazioni di Vlasov-Boltzmann su scale spazio-temporali idrodinamiche in una situazione in cui l'interfaccia è sharp sia descritto dal l'equazione di Navier-Stokes incomprimibile per il campo di velocità, con condizioni al contorno sull'interfaccia corrispondenti ad un salto di pressione, e dall'equazione del trasporto (nel campo di velocità) per l'interfaccia. La nostra analisi permette di determinare la relazione tra tutte le scale di lunghezza e temporali presenti nel problema. Abbiamo studiato il limite idrodinamico ed abbiamo ottenuto equazioni idrodinamiche che descrivono situazioni in cui l'interfaccia non è sharp.

Ci proponiamo anche di indagare il limite di interfaccia "sharp" e di fare simulazioni numeriche, che possano comprovare la nostra analisi, studiando situazioni in cui l'interfaccia già formata viene perturbata ad opera del campo di velocità.

Possiamo riassumere in sintesi i nostri interessi a questo proposito:

- 1. Analisi teorica basata su un opportuno limite di scala a partire dalle equazioni di Vlasov-Boltzmann per un fluido binario.*
- 2. Simulazioni numeriche basate sulle equazioni cinetiche in cui si fa evolvere il sistema fino a che si formano i clusters e le interfacce e si perturba poi una interfaccia con un flusso perpendicolare dipendente dal tempo in modo da studiare la risposta dell'interfaccia.*

Intendiamo infine studiare il problema della turbolenza anisotropa. Intendiamo fare degli esperimenti numerici, opportunamente selezionati, mirati a misurare con grande accuratezza le fluttuazioni anisotrope. Le proprietà di universalità di tali fluttuazioni saranno studiate cambiando i parametri a larga scala e/o facendo esperimenti di decadimento.

Un'altro argomento, connesso fortemente al primo, che nasce nell'analisi di simulazioni numeriche per problemi di idrodinamica applicata e' come parametrizzare le fluttuazioni di piccola scala. Tale problema e' diventato ancora più rilevante visto la persistenza di componenti anisotrope nelle fluttuazioni di piccola scala. Esso e' connesso al problema di effettuare delle Large Eddy Simulations (LES) per potere simulare il comportamento dei fluidi turbolenti ad alti numeri di Reynolds. Non si posseggono ancora degli algoritmi per Large Eddy Simulations in grado di implementare sistematicamente sia gli effetti non-omogenei che anisotropi in presenza di pareti e/o condizioni al contorno non banali (boundary layer atmosferici, flussi industriali, combustione in geometrie complesse).

Le simulazioni numeriche che ci proponiamo di svolgere sono di tre tipi:

1. *Esperimenti numerici "ideali" anisotropi ma omogenei, dove la decomposizione $SO(3)$ puo' essere studiata nella forma piu' semplice (senza effetti di non omogeneita'). Tali esperimenti possono essere utili anche per individuare le migliori osservabili statistiche.*
2. *Studi di fluttuazioni anisotrope e non omogenee in flussi reali bi e tridimensionali ad esempio turbolenza convettiva e nei plasmi. In entrambi i casi intendiamo anche confrontare i risultati numerici con i dati sperimentali a disposizione.*
3. *Ci proponiamo di studiare la parametrizzazione a piccola scala della turbolenza reale (LES) con test a priori e a posteriori. Per apriori intendiamo valutare l'efficienza della parametrizzazione a piccola scala in simulazioni numeriche confrontando i risultati con la realta'. Tali test sono importanti per selezionare i modelli piu' vicini alle fluttuazioni reali che si vogliono riprodurre. Per aposteriori intendiamo test basati sulle Large-Eddy-Simulations (LES), integrando equazioni del moto solo su larga scala, usando il modello scelto per le fluttuazioni su piccola scala di energia in un flusso laminare.*

Vogliamo sottolineare che lo scambio di competenze, le collaborazioni, le discussioni fra i gruppi che compongono questo progetto cofin sono continui. L'organizzazione di un meeting di collaborazione, per cui abbiamo chiesto un finanziamento, sara' uno dei mattoni di questa costruzione.

Testo inglese

We shall discuss here in details, the research project that the four research units will carry out. Our two-years project is built in a single phase. Indeed we believe that two years is a reasonable period to ascertain the interest of the scientific achievements in a project such as ours.

*Let us start with the description of our plans in the field of **disordered and glassy systems**.*

We shall investigate theoretically, using statistical field theory (SFT) the dynamic properties of structural glasses. We shall try to understand the spectacular physical properties of these systems, to attempt detailed theory/experiment comparisons and/or to propose new experiments. The recent developments in inelastic X-ray scattering techniques have allowed a detailed study of the high frequency dynamics (0.1 THz) of structural glasses. We shall try to understand theoretically the features that are universal within this vast group of materials: the very existence of a high-frequency sound, the scaling of the line-width, the Boson-peak and the presence of secondary peaks in the dynamic structure factor. We shall study the role of transverse excitations in this phenomenology and the localization properties (in the Anderson sense) of the vibrations.

These development, besides their high intrinsic interest, will open the door to the study of the glass-transition.

We shall use the tools of the SFT (effective models, mean-field approximation, diagrammatic expansions, Monte Carlo calculations). We shall work in the harmonic approximation, where random-matrices (correlated due to translational invariance) appear. We shall extend the equations for the self-energy obtained in the high-density expansion to the case of longitudinal and transverse excitations and to the case of correlated particles. We shall consider approximations that interpolate between the high-density expansion and the low density one. The high-density expansion is the most natural for glasses, but localization of vibrations (a la Anderson) is more accessible to the low density one. The Field Theory formulation will be crucial for this. At this point we will study the glass transition, the super-cooled liquid viscosity and the origin of the Boson Peak.

We shall first concentrate in the generalization and study of the high-density integral equations to vectorial vibrations. The generalization to the case of correlated particles will be our next task, which will require a very accurate calculation of the static pair-correlation function, using Molecular Dynamics. Finally, the interpolation between high and low densities will be our final goal.

The study of vectorial harmonic vibrations will clarify the role of the transverse modes in giving rise to the different spectral features. A good approximation to the effects of correlations in systems with realistic potentials will allow a more detailed comparison with experimental spectra. A unified treatment of the high and low density limits will provide a framework suitable to the study of high frequency sound and localization. Finally, mastery of these problems and techniques will open the door to a deeper study of the glass transitions via an analytic attack of the instantaneous normal modes and energy landscape.

Another subject of great importance is that of spin glasses. It is better to cite three areas in which we expect to make contributions in the next two years.

- *In the first place, numerical experiments that try to reproduce the very interesting results of real experiments. Memory effects, and multiple memory effects, for instance, have not yet been explained theoretically. Fundamental issues: does an Ising spin glass describe the experimental phenomenology which it was conceived to explain? Or maybe Heisenberg models are*

required?

- *Second, we mention calculations of the fundamental state of spin glasses and, for 2-D systems, also the exact computation of the whole partition function (for this problem, we interact with applied mathematics groups with a strong background in this kind of techniques).*
- *Finally, we cite the old question of the theoretical description of finite-dimensional spin glass models. We shall attempt to clarify the properties of the low temperature phase of these systems with fundamental state as well as Monte Carlo and analytical techniques.*

Let us now discuss in some details the "complexity" issue. The computational complexity of a problem is related to the way computational resources required for its solution (as CPU time and memory) grow when the number of variables N in the problem increases. Classification of problems, both decisional than optimization ones, in equivalence classes brought to the definition of classes P and NP . The former contains problems which can be solved with a known algorithm in a time growing polynomially with N . In the NP class (and still more in the NP -complete class) we find all those problems that require, at present, resources at least exponential in N . Currently NP problems can not be studied in a satisfactory way, since the exponential grow of their complexity allows one to find solutions only for small sizes.

In the context of computational complexity, the last years have seen a growing interest in those ensemble of random problems which undergo a sharp phase transition when some parameter is changed (the random 3-SAT model is certainly the most studied in this category). Close to these phase transitions the hardest problems can be found. The path leading to the resolution of these hard instances goes through a detailed comprehension of the physical reasons making problems so hard close to the transition.

Important advances has been made in the very last years thanks to the application of some statistical mechanics analytical techniques (replica methods and cavity method) and physical concepts (disordered phase transitions, dynamical transition, ...), already well known in the study of disordered systems. In particular, for models like random 3-SAT, it has been possible to understand the nature of the phase transition (disordered first order) and the physical mechanism which does not allow algorithms to find solutions close to the transition: The presence of glassy meta-stable states which trap any local relaxing dynamics.

Given the large number of relevant results obtained in the last years in the field of computational complexity thanks to the use of some statistical mechanics techniques previously known in the study of disordered systems, we would like to push forward this research line along different directions.

On one side we would like to solve more problems of large interest not only for physicists: Examples are (bi-)coloring of random graphs and hyper-graphs and related optimization problems, and error correcting codes.

Exploiting the accurate physical description of the phase transition achieved recently, we would like to propose a new algorithm for searching solutions, working with physical variables, like cavity fields. This method would allow a deeper control on the convergence properties of the algorithm. Our final aim is to develop a searching algorithm which would be able to relax below the meta-stable glassy states (threshold states) and to find solution in situations where current algorithms fail.

On the other side we would like to start a systematic study of some relevant disordered systems (like spin glasses) working on a single disorder realization, instead on the whole ensemble as usual. In analogy with the way information technologists analyze their problems, we would like to study single samples of a disorder model, looking for a better description of some physical aspects, like the heterogeneities.

This 'single sample' approach may be very useful also for the calculation of low energy states, and eventually ground states too, in finite-dimensional spin glasses.

*Another fundamental line is that of **field theory**. It is useful to mention briefly the main points we are researching:*

- 1. Studies of spin systems: determination of critical exponents and equation of state for systems with $N = 1, 2, 3$.*
- 2. Study of diluted spin systems with quenched disorder: calculation of critical exponents using field-theoretic methods.*
- 3. Eli-magnets and stacked triangular antiferromagnets: study of the critical behavior with renormaliz*

4. *Polymers in diluted phase: development of new algorithms for simulations in the condensed phase.*
5. *Study of the operator-product expansion on the lattice.*
6. *Study of geometric perturbations in bi-dimensional sigma models.*

We shall undertake new problems in the upcoming period. Among others, we have in mind:

1. *Monte Carlo studies of critical properties of liquids: computation of the viscosity in the critical regime.*
2. *Perturbative study of tridimensional complex systems: in particular, crossover phenomena in antiferromagnets in a magnetic field and in super-conductors in the context of the $SO(5)$ model.*
3. *Polymers in the dilute phase: structure factor for several polymer conformations.*

Another aspect of our interest in field-theory is related with the study of sigma-models, phase transitions and polymers.

Let us see some key points.:

- *We wish to eventually clarify the differences in the critical behavior of 2-dimensional sigma models when the non-Abelian symmetry is discrete and continuous, and to verify numerically the perturbative analysis of the renormalization group flow.*
- *We believe that the numerical algorithms we have introduced to simulate polymers will allow us to study with high precision the transition to the collapsed phase and the diffusive modes along the chain by moving pieces of secondary structures like alpha helices.*
- *In the theory of complexity the classification of problems by the computational cost necessary to solve the "hardest instances" within a certain class can be usefully enlarged to the evaluation of the "typical" computational cost in a statistical ensemble. Indeed, often the probability of the hardest problems is negligible. In a statistical approach the methods of statistical mechanics for disordered systems are effective, as we are learning in these days. A more detailed understanding of the origin of the hardest instances can be useful to design algorithms faster than those applied commonly in a lot of applications. We have recently introduced a model which shows a typical "phase transition" but allows a series of analytical investigations otherwise impossible in similar*

models: we hope to use it to check many of the methods applied in this field. This model can also be applied in the study of error correcting codes and, more generally, in the statistical inference context.

- *We have recently introduced a notion of correlation length for the driven lattice gas where the decay of the correlation functions is algebraic for all temperatures. We are planning to systematically use this definition in connection with finite-size-scaling methods to clarify once for all a discussion about the theoretical predictions for critical behavior of the driven lattice gas which have come under an animated discussion recently in the literature.*
- *We propose to evaluate the contribution of a Luttinger liquid (for the anionic excitations) to the correlation functions of various order. In particular the correlation function describing the fluctuations in an experiment as Hanbury Brown and Twiss is very interesting since the statistics of the anionic excitations can show up there in a clear fashion.*
- *We developed a model inspired by experiments of self-organization of micro-tubules and motor proteins, based on driven lattice-gas models, in which we propose the local drive of the molecular motors together with excluded volume interactions between the polymers as relevant variables. The model exhibits a rich phase behavior, which includes absorbing states, and far from equilibrium inhomogeneous steady states. We wish to extend the model, including
 1. *the effect of the drive on the rotational degrees of freedom of filaments, like in the mean-field model proposed by Kardar (vortex generation);*
 2. *the problem of the dynamic instability that has been experimentally shown to be relevant for microtubuli organization in the various phases of the cellular cycle. We have already started this study in the case of the driven diffusive dynamics in the case of a single micro-tubule in a "mobility assay" experiment, thus clarifying the conditions for breaking diffusive dynamics on long scales.**
- *We recently introduced a simplified model to study phenomena related to the hydrodynamic interaction between cilia, such as the spontaneous generation of flux and the formation of spatio-temporal patterns (metachronal wave). We have results for the case in which the active drive on the system is a stochastic process described by a Brazowski-like propagator. We would like to extend them to genuinely Poisson and non-additive processes, which correspond to different possibilities for the internal drive of the single object. Through this model we would like to look for the essential conditions for*

the active internal complex of cilia, necessary to give rise to the observed large scale phenomena. We are currently studying ways to model the dynamics of single filaments as extended objects.

As we have already discussed, the success of our research project will crucially rely on the application of field-theoretic techniques to the interpretation of highly complex fundamental experiments.

Let us start recalling two very important issues:

- 1. development of **algorithms to extract an expected physical signal**, whose behavior is known, on the background of a stochastic noise whose main properties are known (or at least realistically estimated);*
- 2. studies in the phenomenology of interest for future hadronic colliders, **developing and using automatic tools that compute the cross sections** of multi-particle events in perturbation theory.*

As far as the first of the two above mentioned arguments is concerned, the analysis will be done paying special attention to the signals expected by the current generation of earth-based interferometric gravitational wave detectors (Ligo and Virgo) and by the future space-based interferometers (Lisa), while trying to give to our analysis a more general scope. In a similar way, we will perform our computational tests both on dedicated parallel processing systems, and on general purpose PC-clusters, but concentrating on features (almost) independent of the computing platform.

In more details, we plan to address the following problems:

- 1. Use of massively parallel SIMD machines, for the simultaneous calculation of Wiener filters over a template set. More specifically:*
 - study of optimal assignment of templates to processors from the point of view of the best possible load balancing;*
 - study of optimal assignment of templates to processors, in view of an efficient correlation between results coming from templates corresponding to similar values of the physical*

parameters;

- *analysis of the trade-offs between algorithmic performance and memory needs.*

- 2. Analysis of the optimal choice of the physical parameters for the templates used in the filtering process. At present, the expected signal in a gravitational collapse has been computed analytically for simple cases, in terms of two parameters (total mass and reduced mass). On this basis, algorithm have bee developed for choosing the optimal set of templates in a bi-dimensional parameter space. More complex cases are being studied, both analytically and numerically. The space of template parameters is expected to increase in size, to include for instance angular momentum and eccentricity. We plan to work on the computation of an optimal set of templates, belonging to a multi-dimensional space of parameters, in order to reach the required signal/noise ratio. A promising way to handle this problem is based on molecular dynamics techniques. We plan to follow the motion of a set of pseudo-particles in the parameter-space, under the action of a "potential" that takes into account the deviations of the signal/noise ratio from the target value.*
- 3. Analysis of the correlations between filters corresponding to closely spaced physical parameters. The filter techniques discussed above produce a set of correlations between expected and measured signal whose number equals that of the used templates. It is then necessary to combine these correlations in order to maximize the probability to detect a physical gravitational wave event. This problem is important also at a computational level, where the main point is the reduction in size of the data set obtained by the filtering process with minimal loss of physical information. We plan to study the trade-off between a one-layer approach, in which all templates are evaluated at the same time, and a relatively high threshold is applied for the detection of an event, and a multi-layer approach, in which a coarse-grained set of filters is used first, followed by a more refined analysis triggered by a relatively low signal threshold.*
- 4. Optimization of the parallel and vector techniques for the computation of the FFT. We plan to work on the fact that the analysis of a large set of templates implies a very large bandwidth between processors and memory and between processors and permanent storage. The computation will be in many cases bandwidth limited, as opposed to performance limited. On this point we will work on the development of data access patterns that*

minimize bandwidth requirements and/or a more efficient use of cache memory.

Turning now to the automatized cross-section calculations, need for the analysis of the most recent fundamental physics experiments, we are mainly interested in:

- 1. Associate production of Higgs bosons, heavy quarks and light jets in order to study the experimental sensitivity to the Yukawa sector of the Standard Model and to refine the strategy to perform these measurements;*
- 2. Production of up to four heavy gauge boson plus jets in order to study the non Abelian sector of the EW theory to study the experimental sensitivity to anomalous effective couplings in the gauge sector of the theory, i.e. a potential indirect signature of non-conventional physics;*
- 3. Associate production of Higgs bosons, heavy gauge boson and light jets in order to study experimental sensitivity to Higgs self-couplings and to Higgs vector-Bosons couplings;*
- 4. Multi-jets production.*

*Let us finally address problems where complexity produces **turbulent behavior** , as well as to the development and **dynamics of interfaces**.*

We shall first discuss the problem of segregation phenomena and interface motion. As pointed out by Siggia, in the late stages of phase segregation in binary fluid mixtures sharp interfaces develop between domains of the two phases and the "coarsening" process is mainly due to hydrodynamic flows driven by these elastic interfaces. It is generally believed that the average domain size grows as a power law in time with an exponent. This exponent is typically obtained through simple dimensional analysis of the Navier- Stokes equation, or through physical arguments based on a linear stability analysis of the interface between the domains, also in the context of the Navier- Stokes equation. There is a lively debate, even on recent literature, on the reliability of these exponents. Numerical simulations performed with different methods yield contradictory answers. We think that our new algorithm based on the Vlasov-Boltzmann equations could be very useful to give a definite answer. We are interested to simulate situations in which the interface is perturbed by a velocity field, concentrating on the effects of the velocity-field on the interface and vice-versa. On the other hand, we think that a theoretical analysis is needed, in order to understand on which

space-time scales the analysis by Siggia does not break down.

We think we could prove that the behavior of the solutions of the Vlasov-Boltzmann equations on hydro-dynamical space-time scales and in the limit of sharp interface is described by the incompressible Navier-Stokes equation for the velocity field, with boundary conditions on the interface corresponding to a pressure jump, and by the transport equation (in the velocity field) for the interface. Our analysis allows to determine the relations between all the scales of the problem. We have considered the hydrodynamic limit obtaining hydro-dynamical equations describing situations in which the interface is not sharp.

We want to study now also the limit of sharp interface and to perform numerical simulations for confirming or disproving our guess. In particular, we want to explore situations in which the interface already formed is perturbed by a velocity field.

We can briefly recapitulate our interests:

- 1. Theoretical analysis of a suitable scaling limit for the Vlasov-Boltzmann equations of a binary mixture.*
- 2. Numerical experiments based on kinetic equations, where the system is made to evolve until cluster and interface formation. At this point the interface is perturbed by a time-dependent perpendicular flux, thus testing the interface response.*

We will study as well the problem of the anisotropic turbulence. We are planning to perform well chosen numerical experiments, in order to calculate with great accuracy the anisotropic fluctuations. The universal features of this fluctuations will be studied changing parameters on long scales and/or performing decay experiments.

Another natural question, strongly connected to the previous ones, arising in numerical investigation of applied hydro-dynamical problems is the parameterization of small scales fluctuations. This problem is even more relevant due to the persistence of anisotropy in the small-scale fluctuations, and it is connected to the problem of performing Large Eddy Simulations (LES) in order to simulate turbulent fluids at high Reynolds numbers. Good algorithms for Large Eddy

Simulations still lack, especially concerning problems where anisotropies and non-homogeneities are dominant (atmospheric boundary layer, industrial flows, combustion in complex geometries).

The kind of numerical simulation we have in mind may be divided in three different classes:

- 1. A set of "ideal" anisotropic but homogeneous numerical experiments, where the theoretical tools of $SO(3)$ foliation may be studied in their simplest form (no contamination from non-homogeneities). This experiments will be useful also to define the best suited statistical observables.*
- 2. The studies of anisotropic and non-homogeneous fluctuations in real three-dimensional and two-dimensional flows as in convective turbulence and plasma turbulence. In both cases we also intend to compare numerical data with real experimental data.*
- 3. We intend to address the small-scale parameterization of real turbulence (LES) by both a priori and a posteriori tests. For a priori test we intend to compare in real direct numerical simulations the performance of some small-scale parameterization with the reality. Such a priori tests are needed in order to select among all available models only those who have a good statistical overlap with the real fluctuations one wants to reproduce. A posteriori tests are, vice-versa, based on the fields obtained by a Large-Eddy-Simulations (LES), i.e. by integrating the equation of motion only at large scale, using the adopted model for the energy small scales fluctuations in shear flows.*

We want to stress that the exchange of expertises, collaborations and scientific discussions among the four groups that form this cofin are daily reality. The organization of a collaboration meeting (for which support is being seeked), will prove extremely beneficial.

Risultati parziali attesi:

Testo italiano

Il programma e' articolato in una sola fase. I risultati sono dunque quelli attesi per l'intero progetto.

Testo inglese

The program includes a single phase. So the results of this phase should be the ones we expect to obtain during

the full program.

Unità' di ricerca impegnate:

·Unità n° 1 ·Unità n° 2 ·Unità n° 3
·Unità n° 4

2.5 Criteri suggeriti per la valutazione globale e delle singole fasi

Testo italiano

Visto che stiamo proponendo una ricerca teorica, ci aspettiamo un flusso relativamente costante di pubblicazioni su riviste internazionali di alto prestigio (ad esempio J. Phys. A, Nucl. Phys. B, Europhys. Lett., Phys. Rev. Lett.). La pubblicazione sarà normalmente preceduta da invio del "preprint" ai "database" nati a Los Alamos (ed ospitati alla SISSA per quel che riguarda l'Italia).

Le commissioni valutatrici, indipendentemente dall'analisi diretta del valore scientifico dei risultati raggiunti, potranno ottenere informazioni ulteriori sul giudizio della comunità scientifica sul nostro lavoro esaminando agevolmente il flusso di queste pubblicazioni insieme ad un'analisi dei fattori di impatto del le riviste utilizzate (che saranno tutte con referees anonimi). Ci aspettiamo anche di presentare i nostri risultati a congressi internazionali con una certa sistematicità. Ovviamente sarà cruciale che le varie tematiche che abbiamo discusso portino tutte a risultati di rilievo (e quindi pubblicati su riviste internazionali). Sarà interessante anche, per le commissioni valutatrici, esaminare quanto il nostro lavoro sarà stato citato da altri ricercatori del campo.

Testo inglese

Our research is a theoretical one and we are looking for a constant flux of publications on high prestige international reviews (e.g. J. Phys. A, Nucl. Phys. B, Europhys. Lett., Phys. Rev. Lett.). Before publication preprints will be sent to the Los Alamos archive (with a mirror in Italy at Sissa).

The evaluation commission, independently from a direct scientific analysis of the results obtained from our groups, may get information of the judgment of the scientific community on our work by monitoring the flux of these publications

and by making an analysis of the impact factor of the reviews used (which are based on the anonymous referee system). We plan to present our results to international meetings in a systematic way. Obviously it will be crucial that all the different problems studied will bring to important results and will be published on international reviews. It will be also interesting (for the evaluation commission) to monitor the presence of our papers on the citation index.

Parte: III

3.1 Spese delle Unità di Ricerca

Unità di ricerca	Voce di spesa, Euro							
	Materiale inventariabile	Grandi Attrezzature	Materiale di consumo e funzionamento	Spese per calcolo ed elaborazione dati	Personale a contratto	Servizi esterni	Missioni	Pubbliche
Unità n° 1	10.000		2.000		31.000	2.000	5.000	
Unità n° 2	9.000		2.000		32.000		20.000	
Unità n° 3	15.000	100.000	11.000		108.000		30.000	
Unità n° 4	15.000		3.000		15.000		5.000	
TOTALE	49.000	100.000	18.000		186.000	2.000	60.000	

3.2 Partecipazione finanziaria

Il coordinatore certifica che il progetto ha carattere di originalità e non è finanziato o cofinanziato da altre amministrazioni pubbliche o private (art. 4 bando 2002) SI

3.3 Costo complessivo del Programma di Ricerca e risorse disponibili

Unità di ricerca	Voce di spesa, Euro						
	RD	RA	RD+RA	Cofinanziamento di altre amministrazioni pubbliche o private	Cofinanziamento richiesto al MIUR	Costo totale del programma	Costo minimo
Unità n° 1	10.000	6.000	16.000		36.500	52.500	38.000
Unità n° 2	16.300	7.700	24.000		56.000	80.000	65.000
Unità n° 3	88.000		88.000		196.000	284.000	200.000
Unità n° 4	3.000	11.000	14.000		31.000	45.000	38.000
TOTALE	117.300	24.700	142.000		319.500	461.500	341.000

	Euro
Costo complessivo del Programma dell'Unità di Ricerca	461.500
Fondi disponibili (RD)	117.300
Fondi acquisibili (RA)	24.700
Cofinanziamento di altre amministrazioni pubbliche o private (art. 4 bando 2002)	0
Cofinanziamento richiesto al MIUR	319.500

3.4 Costo minimo per garantire la possibilità di verifica dei risultati

341.000 Euro (dal sistema, quale somma delle indicazioni dei Modelli B)

341.000 Euro (dal Coordinatore del Programma)

(per la copia da depositare presso l'Ateneo e per l'assenso alla diffusione via Internet delle informazioni riguardanti i programmi finanziati; legge del 31.12.96 n° 675 sulla "Tutela dei dati personali")

Firma

**29/04/2002
19:28:28**