MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA

DIPARTIMENTO PER L'UNIVERSITÀ, L'ALTA FORMAZIONE ARTISTICA, MUSICALE E COREUTICA E PER LA RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA
PROGRAMMI DI RICERCA SCIENTIFICA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE
RICHIESTA DI COFINANZIAMENTO (DM n. 30 del 12 febbraio 2004)

PROGETTO DI UNA UNITÀ DI RICERCA - MODELLO B
Anno 2004 - prot. 2004025857_001

PARTE I

1.1 Tipologia del programma di ricerca

Interuniversitario

Aree scientifico disciplinari

Area 02: Scienze fisiche (100%)

1.2 Durata del Programma di Ricerca

24 Mesi

1.3 Coordinatore Scientifico del Programma di Ricerca

PARISI GIORGIO Giorgio.Parisi@roma1.infn.it

FIS/02 - Fisica teorica, modelli e metodi matematici

Università degli Studi di ROMA "La Sapienza"

Facoltà di SCIENZE MATEMATICHE FISICHE e NATURALI

Dipartimento di FISICA

1.4 Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

PARISI **GIORGIO**

Professore Ordinario **04/08/1948** **PRSGRG48M04H501M**

FIS/02 - Fisica teorica, modelli e metodi matematici

Università degli Studi di ROMA "La Sapienza"

Facoltà di SCIENZE MATEMATICHE FISICHE e NATURALI

Dipartimento di FISICA

06/49913481	**06/4463158**	**Giorgio.Parisi@roma1.infn.it**
(Prefisso e telefono)	(Numero fax)	(Email)

1.5 Curriculum scientifico del Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

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'universita' 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 Superieure, 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 Superieure (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.

1.6 Pubblicazioni scientifiche più significative del Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

1. A. PAGNANI; PARISI G.; M. RATIEVILLE (2003). **Near optimal configurations in mean field disordered systems** PHYSICAL REVIEW E. (vol. 68 pp. 046706) cond-mat/0307250.
2. A. CRISANTI; L. LEUZZI; PARISI G.; T. RIZZO (2003). **Complexity of the Sherrington-Kirkpatrick Model in the Annealed Approximation** PHYSICAL REVIEW B. (vol. 68 pp. 174401) cond-mat/0307082.
3. T. S. GRIGERA; V. MARTINMAYOR; PARISI G.; P. VERROCCHIO (2003). **Phonons in supercooled liquids: a possible explanation for the Boson Peak** NATURE. (vol. 422 pp. 289) cond-mat/0301103.

4. M. MEZARD; PARISI G. (2003). **The cavity method at zero temperature** JOURNAL OF STATISTICAL PHYSICS. (vol. 111 pp. 1) cond-mat/0207121.
5. CAVAGNA A.; GIARDINA I.; GRIGERA T.; PARISI G. (2002). **Geometric Approach to the Dynamic Phase Transition** PHYSICAL REVIEW LETTERS. (vol. 88 pp. 055502-055504)

1.7 Risorse umane impegnabili nel Programma dell'Unità di Ricerca

1.7.1 Personale universitario dell'Università sede dell'Unità di Ricerca

Personale docente

nº	Cognome	Nome	Dipartimento	Qualifica	Settore Disc.	Mesi Uomo 1° anno	Mesi Uomo 2° anno
1.	PARISI	Giorgio	Dip. FISICA	Prof. Ordinario	FIS/02	6	6
2.	MARINARI	Vincenzo	Dip. FISICA	Prof. Ordinario	FIS/02	5	5
3.	RICCI TERSENGHI	Federico	Dip. FISICA	Ricercatore Universitario	FIS/02	6	6
4.	PELISSETTO	Andrea	Dip. FISICA	Prof. Associato	FIS/02	11	11
	TOTALE					**28**	**28**

Altro personale

Nessuno

1.7.2 Personale universitario di altre Università

Personale docente
Nessuno

Altro personale

Nessuno

1.7.3 Titolari di assegni di ricerca

Nessuno

1.7.4 Titolari di borse

nº	Cognome	Nome	Dipartimento	Anno di inizio borsa	Durata (in anni)	Tipologia	Mesi Uomo 1° anno	Mesi Uomo 2° anno
1.	Jimenez	Sergio	Dip. FISICA	2004	2	Post-doc	4	11
2.	Semerjian	Guilhem	Dip. FISICA	2004	2	Post-doc	4	11
3.	Maiorano	Andrea	Dip. FISICA	2002	3	Dottorato	7	
4.	Castellano	Tommaso	Dip. FISICA	2004	3	Dottorato	11	11
5.	De Martino	Andrea	Dip. FISICA	2003	2	Post-doc	11	9
6.	Joerg	Thomas	Dip. FISICA	2003	2	Post-doc	11	9
7.	Krzakala	Florent	Dip. FISICA	2003	2	Post-doc	11	9
8.	Lukic	Jovanka	Dip. FISICA	2002	4	Dottorato	11	11
9.	Tedeschi	Alessandra	Dip. FISICA	2003	2	Dottorato	11	9
	TOTALE						**81**	**80**

1.7.5 Personale a contratto da destinare a questo specifico programma

nº	Qualifica	Costo previsto	Mesi Uomo 1° anno	Mesi Uomo 2° anno	Note
1.	Dottorando	40.000	11	11	tre anni
2.	Borsista	48.000	11	11	
3.	Altre tipologie	12.000	3	3	inviti brevi
	TOTALE	**100.000**	**25**	**25**	

1.7.6 Personale extrauniversitario indipendente o dipendente da altri Enti

nº	Cognome	Nome	Nome dell'ente	Qualifica	Mesi Uomo 1° anno	Mesi Uomo 2° anno
1.	cavagna	andrea	infm	ricercatore 2+2	5	6
2.	giardina	irene	infm	ricercatore 2+2	6	5

TOTALE	**11**	**11**

PARTE II

2.1 Titolo specifico del programma svolto dall'Unità di Ricerca

Testo italiano

Fisica dei Sistemi Complessi e Disordinati: dai Sistemi Vetrosi ai Modelli a Molti Agenti.

Testo inglese

Physics of Complex and Disordered Systems: from Glassy Systems to Multi-Agents Models.

2.2 Settori scientifico-disciplinari interessati dal Programma di Ricerca

FIS/02 - Fisica teorica, modelli e metodi matematici

2.3 Parole chiave

Testo italiano

COMPLESSITA' ; SISTEMI DISORDINATI ; TEORIA DEI CAMPI ; OTTIMIZZAZIONE ; VETRI ; VETRI DI SPIN

Testo inglese

COMPLEXITY ; DISORDERED SYSTEMS ; FIELD THEORY ; OPTIMIZATION ; GLASSES ; SPIN GLASSES

2.4 Base di partenza scientifica nazionale o internazionale

Testo italiano

Lo studio delle proprieta‘ dei sistemi disordinati e/o frustrati nella fase di vetro di spin continua ad attrarre un grande interesse da parte della comunita‘ scientifica. Analizzeremo qui i vari campi principali, sia per quel che riguarda le applicazioni fisiche di eccellenza che per quel che riguarda un uso paradigmatico di questi metodi. Il forte rapporto fra metodi di meccanica statistica dei sistemi disordinati e teoria dei campi, fra approcci analitici e numerici, ed il rapporto con l’uso intenso di computers anche specializzati ai nostri scopi e’ una caratteristica determinante di questo COFIN.

** Descrizione della dinamica di fuori equilibrio in sistemi vetrosi. **

Un sistema vetroso e‘ un generico insieme di un gran numero di variabili che interagendo tra di loro tendono a rilassare verso uno stato di bassa energia, ma attraverso una dinamica che presenta un’ampia gamma di tempi di rilassamento (dai picosecondi alle migliaia di anni). La descrizione anche approssimata di una tale dinamica e‘ particolarmente complicata. Inoltre in molti sistemi vetrosi (i cosidetti vetri veri) la lentezza della dinamica di rilassamento e‘ dovuta alla frustrazione auto-generata dal sistema durante il rilassamento e che quindi si modifica sulle stesse scale di tempo di rilassamento del sistema. In questo studio stiamo utilizzando, in collaborazione con varie Universita’ spagnole, calcolatori specializzati, ed intendiamo proseguire (soprattutto in collaborazione con il gruppo di Ferrara) in questa direzione.

** Ricerca delle soluzioni ottimali per un generico problema combinatorio duro. **

Un problema combinatorio consiste nell’assegnazione dei valori ad un grande numero di variabili, tale che tutti o il maggior numero dei vincoli siano soddisfatti. Inutile dire che la soluzione di problemi cosi‘ generali avrebbe un’applicazione vastissima. Quando problemi di questo tipo vengono affrontati con le tecniche della meccanica statistica, si scopre che essi corrispondono a modelli frustrati (altrimenti il problema sarebbe di facile soluzione) e che la dinamica seguita da un tipico algoritmo di ricerca delle soluzioni e‘ una dinamica vetrosa.

** Descrizione delle proprieta‘ termodinamiche di un vetro di spin in dimensioni finite. Riproduzione e comprensione degli effetti di ringiovanimento e memoria. **

Nonostante i quasi 30 anni di studi numerici e analitici, non e‘ ancora chiaro il tipo di rottura di simmetria che avviene nella fase di bassa temperatura dei vetri di spin in 3 dimensioni spaziali. Recentemente nuovi metodi di indagine numerica sono stati applicati allo studio di questo problema: ad esempio, il calcolo dei ground states (che non soffre dei problemi dovuti alla vicinanza dal punto critico) e la misura del rapporto di fluttuazione-dissipazione con una procedura che elimina gli effetti di non-linearita‘ nel campo usato

per la misura.

Inoltre tra gli effetti misurati sperimentalmente nei vetri di spin quelli cosidetti di "ringiovanimento e memoria" rimangono ancora in gran parte incompresi.

** Vetri strutturali e transizione vetrosa. **

Negli ultimi anni abbiamo sviluppato una teoria per la transizione dinamica nei vetri strutturali. L'idea cruciale e' che il rallentamento che avviene nei vetri alla temperatura Tc, e' la manifestazione di una transizione topologica nello spazio delle fasi: sulla superficie di energia potenziale del sistema esiste un livello critico Ec che divide il regime dominato dai minimi (EEc). La transizione fra selle e minimi causa l'insorgere di una dinamica attivata, e quindi il rallentamento strutturale nei vetri. Piu' recentemente abbiamo dato una descrizione formale della dinamica fra selle a temperature maggiori di Tc, ritrovando teoricamente alcuni aspetti fondamentali della fenomenologia vetrosa.

** Limite di metastabilita' nei liquidi sottoraffreddati. **

Nella fase metastabile, sotto la sua temperatura di fusione, la viscosita' di un liquido aumenta enormemente al diminuire di T, fino a che alla transizione vetrosa il tempo di rilassamento supera il tempo sperimentale e il sistema va fuori dall'equilibrio. Una domanda fondamentale e' cosa accadrebbe al liquido metastabile se venisse equilibrato a temperature sempre piu' basse. Un'ipotesi e' che vi sia una transizione termodinamica alla temperatura Tk dove l'entropia del liquido diventa uguale a quella del cristallo. Affinche' cio' avvenga e' necessario pero' che il liquido non perda stabilita' a favore del cristallo, nel qual caso si ha un limite di metastabilita' e Tk non esiste.

** Supersimmetria e complessita' nei vetri di spin. **

L'entropia degli stati metastabili, ovvero la complessita', e' una quantita' fondamentale per comprendere la dinamica dei vetri di spin. Il nostro gruppo ha scoperto che nel calcolo analitico della complessita' e' presente una supersimmetria (SUSY), che puo' essere conservata o rotta a seconda della differente classe dinamica del sistema.

** Modellizzazione e analisi di fenomeni socio economici. **

Recentemente e' nato un grande interesse verso la modellizzazione di contesti socio-economici, dove l'emergenza di un comportamento collettivo non banale ha origine in meccanismi microscopici complessi e spesso non del tutto compresi. Il caso dei mercati finanziari e' forse il caso piu' eclatante, ma sicuramente non il solo. Per analizzare e comprendere le situazioni reali si possono adottare varie strategie:

i) una analisi statistica approfondita dei dati sperimentali, per evidenziare la presenza di 'leggi' piu' o meno universali e

caratterizzare il comportamento del sistema.

ii) La creazione di modelli elaborati in grado di riprodurre la fenomenologia osservata.

iii) L'analisi di modelli semplificati che riproducono solo alcuni dei fenomeni importanti, di cui si vuole comprendere l'origine microscopica. Spesso tale modelli possono essere trattati con tecniche analitiche e a volte risolti esattamente.

** Applicazione di metodi di teoria dei campi **

La ricerca svolta mira ad applicare le tecniche di teoria dei campi a diversi sistemi statistici al fine di determinarne le proprieta' critiche. A questo fine e' stato sviluppato un codice molto generale che permette di effettuare calcoli ad alto numero di loop ed e' stato applicato a molti sistemi diversi. In particolare, sono stati determinati gli esponenti critici del modello di Ising diluito, del modello cubico, dei modelli chirali con simmetria O(n)*O(m), ed e' stato studiato il comportamento multicritico di sistemi con due parametri d'ordine vettoriali.

** Uso di Metodi di Ottimizzazione per il Calcolo Esatto di Funzioni di Partizione **

La connessione fra i nostri problemi e le tecniche di ottimizzazione consente di risolvere questioni complesse come il calcolo della funzione di partizione di vetri di spin 2d su sistemi di grandi taglia (anche 100*100). Siamo riusciti, grazie a queste tecniche, a determinare il comportamento del calore specifico, per T che tende a zero, di questi sistemi.

** Studio di Sistemi Biofisici. Unzipping del DNA **

Abbiamo mostrato che le dinamiche di unzipping hanno caratteristiche tipiche di dinamiche lente o vetrose.

Testo inglese

The properties of disordered and/or frustrated systems in their spin glass phase still attract a lot of interest in the scientific community. We will here analyze the main fields of research regarding both high-level physical application and the paradigmatic use of statistical mechanics methods. Indeed the strong interplay between analytical and numerical approaches, in particular between disordered system statistical mechanics, field theory and a massive use of computational resources (especially dedicated computers), is one of the main characteristics of the present project.

** Description of out of equilibrium dynamics in glassy systems **

A glassy system is a generic aggregate of a large number of degrees of freedom that interact strongly among them and tend to relax toward low energy states via a dynamics having a broad spectrum of relaxing

time scales (from picoseconds to thousands of years). It is very hard to describe such a glassy dynamics, even under some approximations. Moreover in many glassy systems (the so-called real glasses) the slowness of the dynamics is an effect of the frustration self-generated during the relaxation process. In such a situation the cause (the frustration) evolves on the same time scales of the effect (glassy dynamics), making the resulting process highly non-trivial. On this study we are using special purpose computers in collaboration with some Spanish universities. We plan to pursue this line of research especially with the Ferrara group.

** Search for optimal solutions to a hard combinatorial problem **

A combinatorial problem consist in assigning values to a large number of variables such that all or most constraints are satisfied. Needless to say that finding solutions to such a generic problem would have very broad applications. When problems of this kind are recast in a statistical mechanics formalism, one discovers that they correspond to frustrated models (otherwise they would be easy to solve). Moreover the dynamics followed by a typical algorithm searching for optimal solutions is glassy-like.

** Thermodynamical properties of finite-dimensional spin glasses. Rejuvenation and memory effects **

Despite almost 30 years of numerical and analytical studies, the kind of symmetry breaking taking place in the low temperature phase of a 3-dimensional spin glass model is still unclear. Recently new numerical methods have been applied to study this problem: e.g. the use of ground states (which does not feel any effect due to the vicinity of the critical point) and the use of the fluctuation-dissipation ratio measured with a procedure totally free from non-linear response effects.

Moreover "rejuvenation and memory" effects experimentally measured in real spin glasses remain mainly not understood.

** Structural glasses and the glass transition **

In the last few years we developed a theory for the dynamic glass transition in structural glasses. The key idea is that the slowing down that occurs in glasses at the temperature Tc, is just a manifestation of a topological transition taking place in the phase space: on the potential energy surface of a glassy system there is a critical level Ec separating the domain dominated by minima.
The minima-to-saddles transition gives rise to activated dynamics, responsible of the slowing down of the structural relaxation.
More recently we provided a formal description of saddle dynamics above Td, finding some fundamental aspects of glassy phenomenology.

** Metastability limit in supercooled liquids **

In their metastable phase, below the melting point, the viscosity of supercooled liquids grows dramatically, up to a point where the

relaxation time exceeds the experimentally available time and the system falls out of equilibrium. An important question is what would happen if thermalization of the liquid could be achieved at lower an lower temperatures. A fascinating scenario predicts a thermodynamic transition at a temperature smaller than Tc where the entropy of the liquid becomes equal to the entropy of the crystal. However, in order for this to be true, it is essential that the liquid does not lose its stability in favor of the crystalline phase. In this last case there would be a metastability limit, and Tk would not exist.

** Supersymmetry and complexity in spin-glasses **

The entropy of metastable states, that is the complexity, is a concept which is crucial to understand the dynamics of spin-glasses. Our group discovered that in the analytic calculation of the complexity there is a supersymmetry (SUSY), which may be conserved, or broken, depending on the different dynamical class of the system.

** Modeling and analyzing socio-economical effects **

There has been recently a great interest for the modelization of socio-economic contexts where the emergence of a non trivial collective behavior originates from complex and often not understood microscopic mechanisms. The case of financial markets is probably the most known, but certainly not the only one. To analyze and understand the behavior of real systems, different and complementary strategies can be followed:

i) a comprehensive statistical analysis of experimental data, to determine the presence of 'universal laws' and characterize the observed phenomenology;

ii) the creation of models enough detailed to reproduce the phenomenological behavior of the system;

iii) the analysis of simplified models that reproduce only some of the interesting phenomena, of which one would like to understand the microscopic origin. Often these models can be treated with analytical techniques, and sometimes they can be exactly solved.

** Field Theory **

We have applied field-theory techniques to several different statistical systems, in order to determine their critical properties. For this purpose we have developed a general computer code that allows us to compute perturbative series to high order and we have applied it to several systems. In particular, we have determined the critical exponents of the dilute Ising model, of the cubic model, of the chiral model with symmetry O(n)*O(m), and we have studied the multi-critical behavior of systems with two vector order parameters.

** Optimization Methods for Exact Computations of Partition Functions **

Connections among our problems and optimization techniques allows to solve complex questions like exact computations of partition functions

of spin glasses in 2d on large systems (up, say, to 100*100). We have succeeded, thanks to these techniques, to determine the low T behavior of the specific heat of these systems.

** Biophysics. DNA Unzipping **

We have shown that unzipping dynamics has typical features of slow/glassy dynamics.

2.4.a Riferimenti bibliografici

Alcune fra le nostre pubblicazioni:/some among our papers

The dynamic phase transition for decoding algorithms
S. Franz, M. Leone, A. Montanari e F. Ricci-Tersenghi
Physical Review E 66, 046120 (2002)

Direct sampling of complex landscapes at low temperatures:
the three-dimensional +/-J Ising spin glass
A.K. Hartmann e F. Ricci-Tersenghi
Phys. Rev. B 66, 224419 (2002).

Hiding solutions in random satisfiability problems: A statistical mechanics approach
W. Barthel, A.K. Hartmann, M. Leone, F. Ricci-Tersenghi, M. Weigt e R. Zecchina
Phys. Rev. Lett. 88, 188701 (2002).

Zero Temperature Properties of RNA Secondary Structures
E. Marinari, A. Pagnani e F. Ricci-Tersenghi
Phys. Rev. E 65, 041919 (2002).

Complexity transitions in global algorithms for sparse linear systems over finite fields
A. Braunstein, M. Leone, F. Ricci-Tersenghi e R. Zecchina
J. Phys. A 35, 7559 (2002).
Learning to coordinate in a complex and non-stationary world
M. Marsili, R. Mulet e F. Ricci-Tersenghi
Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 521, 61 (2003).

Alternative solutions to diluted p-spin models and XORSAT problems
M. Mezard, F. Ricci-Tersenghi e R. Zecchina
J. Stat. Phys. 111, 505 (2003).

A microscopic description of the aging dynamics:
fluctuation-dissipation relations, effective temperature and heterogeneities
A. Montanari e F. Ricci-Tersenghi.
Physical Review Letters 90, 017203 (2003)

On the nature of the low-temperature phase in discontinuous mean-field spin glasses
A. Montanari e F. Ricci-Tersenghi.

The European Physical Journal B 33, 339 (2003)

Aging dynamics of heterogeneous spin models.
A. Montanari e F. Ricci-Tersenghi.
Physical Review B 68, 224429 (2003)

Bicoloring Random Hypergraphs
T. Castellani, V. Napolano, F. Ricci-Tersenghi e R. Zecchina
J. Phys. A. 36, 11037 (2003)

Measuring the fluctuation-dissipation ratio in glassy systems with no perturbing field
F. Ricci-Tersenghi
Phys. Rev. E 68, 065104(R) (2003).

Instability of one-step replica-symmetry-broken phase in satisfiability problems.
A. Montanari, G. Parisi e F. Ricci-Tersenghi.
Journal of Physics A 37, 2073 (2004)

C. Godreche, F. Krzakala e F. Ricci-Tersenghi
Nonequilibrium critical dynamics of the ferromagnetic Ising model with Kawasaki dynamics
in stampa su Journal of Statistical Mechanics (2004)

Interface Fluctuations, Burgers Equations, and Coarsening under Shear
A. J. Bray, A. Cavagna, R. D. M. Travasso
Phys. Rev. E 65, 016104 (2002).

Geometric approach to the dynamic glass transition
T. S. Grigera, A. Cavagna, I. Giardina and G. Parisi
Phys. Rev. Lett. 88, 055502 (2002).

Glassy dynamics, metastability limit and crystal growth in a lattice spin model
A. Cavagna, I. Giardina and T. S. Grigera
Europhys. Lett. 61, 74 (2003).

Glass and polycrystal states in a lattice spin model
A. Cavagna, I. Giardina and T. S. Grigera
J. Chem. Phys. 118, 6974 (2003).

On the formal equivalence of the TAP and thermodynamic methods in the SK model
A. Cavagna, I. Giardina, G. Parisi and M. Mezard
J. Phys. A: Math. Gen. 36, 1175 (2003).

Supersymmetric quenched complexity in the Sherrington-Kirkpatrick model
A. Annibale, A. Cavagna, I. Giardina, G. Parisi
Phys. Rev. E 68, 061103 (2003).

The role of the Becchi-Rouet-Stora-Tyutin supersymmetry in the calculation

of the complexity for the Sherrington-Kirkpatrick model
A. Annibale, A. Cavagna, I. Giardina, G. Parisi, E. Trevigne
J. Phys. A: Math. Gen. 36, 10937 (2003).

A single saddle model for the beta-relaxation
in supercooled liquids
A. Cavagna, I. Giardina and T. S. Grigera
J. Phys. A: Math. Gen. 36, 10937 (2003).

Numerical study of metastable states in Ising spin glasses
Andrea Cavagna, Irene Giardina, Giorgio Parisi
Phys. Rev. Lett. in stampa (2004).

1. I. Giardina, J-P Bouchaud, Eur. Phys. J. B 31 421 (2003)
"Bubbles, crashes and intermittency in agent based market models".

A. De Martino, I. Giardina and G. Mosetti, J. Phys. A: Math. Gen. 36 8935 (2003)
"Statistical mechanics of the mixed majority-minority game with random external in
formation"

A. De Martino, Eur. Phys. J. B 35 143 (2003)
"Dynamics of multi-frequency minority games"

A. De Martino, M. Marsili and R. Mulet, Europhys. Lett. 65 283 (2004)
"Adaptive drivers in a model of urban traffic"

A. De Martino, M. Marsili and I. Perez Castillo, Macroecon. Dyn. (to appear, 20
04)
"Typical properties of large random economies with linear activities"

D. Challet, A. De Martino and M. Marsili, Physica A (to appear, 2004)
"Stylized facts in minority games with memory: a new challenge"

A. De Martino, M. Marsili and I. Perez Castillo, J. Stat. Mech. (to appear, 200
4)
"Statistical mechanics analysis of the equilibria of linear economies"

M. Caselle, M. Hasenbusch, A. Pelissetto, and E. Vicari,
Irrelevant Operators in the Two-Dimensional Ising Model,
Journal of Physics A: Mathematical and General 35 (2002) 4861-4888.

A. Pelissetto, P. Rossi, and E. Vicari,
Chiral Exponents in Frustrated Spin Models with Noncollinear Order,
Physical Review B 65 (2002) (Rapid Communications) 020403(R), pp. 1-4.

P. Calabrese, A. Pelissetto and E. Vicari,
Critical structure factors of bilinear fields in $O(N)$-vector models,
Physical Review E 65 (2002) 046115, pp. 1-16.

S. Caracciolo, M. Papinutto, and A. Pelissetto,
Dynamic Critical Behavior of an Extended Reptation Dynamics
for Self-Avoiding Walks,
Physical Review E 65 (2002) 031106, pp. 1-15.
Selezionato da Virtual Journal of Biological Physics Research 3, March 1, 2002.

M. Campostrini, M. Hasenbusch, A. Pelissetto, P. Rossi, and E. Vicari,
Critical Exponents and Equation of State of the Three-Dimensional
Heisenberg Universality Class,
Physical Review B 65 (2002) 144520, pp. 1-21.

P. Calabrese, A. Pelissetto and E. Vicari,
Structure Factor of Dilute Ring Polymers,
Journal of Chemical Physics 116 (2002) 8191-8197.

M. Campostrini, A. Pelissetto, P. Rossi, and E. Vicari,
25th-Order High-Temperature Expansion Results for Three-Dimensional
Ising-Like Systems on the Simple Cubic Lattice,
Physical Review E 65 (2002) 066127, pp. 1-19.

V. Martin-Mayor, A. Pelissetto, and E. Vicari,
Critical Structure Factor in Ising Systems,
Physical Review E 66 (2002) 026112, pp. 1--9.

S. Caracciolo and A. Pelissetto,
Two-Dimensional Heisenberg Model with Nonlinear Interactions,
Physical Review E 66 (2002) 016120, pp. 1-4.

A. Pelissetto and E. Vicari,
Critical Phenomena and Renormalization-Group Theory,
Physics Reports 368 (2002) 549-727.

S. Caracciolo, A. Montanari and A. Pelissetto,
Spin Models on Platonic Solids and Asymptotic Freedom,
Proceedings of the ‘‘2001 International Conference on Lattice
Field Theory", Berlin, August 2001,
Nuclear Physics B (Proc. Suppl.) 106 (2002) 902-904.

S. Caracciolo, A. Pelissetto and A. Rago,
High-Accuracy Two-Loop Computation of the Critical Mass for Wilson
Fermions,
Proceedings of the ‘‘2001 International Conference on Lattice
Field Theory", Berlin, August 2001,
Nuclear Physics B (Proc. Suppl.) 106 (2002) 835-837.

M. Campostrini, M. Hasenbusch, A. Pelissetto, P. Rossi, and E. Vicari,
Equation of State for Systems with Goldstone Bosons,
Proceedings of the Conference ‘‘Horizons in Complex Systems,"
Messina, December 2001, edited by F. Mallamace, S. Glotzer,
G. Malescio and P. Poole,
Physica A 314 (2002) 177-181.

P. Calabrese, V. Martin-Mayor, A. Pelissetto, and E. Vicari,
Dynamic Structure Factor of the Ising Model with Purely Relaxational Dynamics,
Physical Review E 68 (2003) 016110, pp. 1-11.

M. De Prato, A. Pelissetto, and E. Vicari,
Third-Harmonic Exponent in Three-Dimensional N-Vector Models,
Physical Review B 68 (2003) 092403, pp. 1-4.

S. Caracciolo, A. Gambassi, M. Gubinelli, and A. Pelissetto,
Shape Dependence of the Finite-Size Scaling Limit in a
Strongly Anisotropic O(infty) Model,
European Physical Journal B 34 (2003) 205-217.

2.5 Descrizione del programma e dei compiti dell'Unità di Ricerca

Testo italiano

** Descrizione della dinamica di fuori equilibrio in sistemi vetrosi **

Contiamo di migliorare ed estendere alcuni schemi di approssimazione della dinamica di fuori equilibrio per i quali recentemente e' stata mostrata l'efficacia in alcuni casi semplici. Il Dr Guilhem Semerjian lavorera' presso il nostro gruppo per i prossimi 2 anni e prevediamo di riuscire ad applicare questi schemi di approssimazione analitica alla dinamica di fuori equilibrio di modelli che presentano una fase di rottura di simmetria delle repliche. Tra questi modelli ci sono, ad esempio, i cosidetti modello di Viana-Bray e modello a p-spin definiti su un reticolo di Bethe.

Il confronto con le simulazioni numeriche sara' il criterio di paragone per stimare la bonta' delle approssimazioni. Nel campo delle simulazioni numeriche il nostro gruppo vanta una tradizione decennale. Inoltre disponiamo di un discreto numero di computer che ci permettera' di fare delle misure molto dettagliate della dinamica di fuori equilibrio.

L'ultimo, ma certamente piu' importante, punto di questa linea di ricerca consiste nel riuscire a prevedere lo stato asintotico di una dinamica vetrosa. Il risultato al quale puntiamo (sebbene sia molto difficile da raggiungere) e' quello di riuscire a descrivere lo stato asintotico di una dimanica di fuori equilibrio in termini di quantita' misurabili all'equilibrio. Questo permetterebbe di fare delle previsioni accurate senza il bisogno di risolvere l'intera dinamica, bensi' solo facendo delle misure termodinamiche. In questa parte del nostro studio si cerchera' di definire meglio alcuni concetti quali la complessita', ossia il numero di stati termodinamicamente stabili ad una certa energia.

** Ricerca delle soluzioni ottimali per un generico problema combinatorio duro. **

Un generico algoritmo di ricerca, come quelli sofisticati inventati negli ultimi anni nel campo della Computer Science, differisce da una dinamica "fisica" essenzialmente perche' non soddisfa l'equazione del bilancio dettagliato. Questa differenza implica che a priori non e' chiaro nemmeno se possa essere definito un "stato asintotico" per un generico algoritmo di ricerca di soluzioni.

Sara‘ uno degli scopi di questa linea di ricerca quello di generalizzare la definizione di stato asintotico, affinche’ possa applicarsi alla maggior parte degli algoritmi.

In seguito sara‘ nostro interesse studiare e capire la connessione tra le "regole" che definiscono la dinamica di ricerca e la bonta‘ del risultato finale. L’obiettivo finale e‘ quello di poter fornire dei principi generali che devono essere rispettati dagli algoritmmi se si vogliono raggiungere le soluzioni migliori.

** Descrizione delle proprieta‘ termodinamiche di un vetro di spin in dimensioni finite. Riproduzione e comprensione degli effetti di ringiovanimento e memoria. **

Grazie alla crescita esponenziale delle capacita‘ di calcolo dei computers, riteniamo che nei prossimi anni si potrebbe incominciare a rispondere ad alcuni domande sui vetri di spin 3-dimensionali che fino ad oggi sono rimaste senza risposta. In questo lavoro avremo anche il supporto del Dr Sergio Jimenez (borsista presso il nostro gruppo nei prossimi 2 anni) che viene da un’esperianza sul campo molto interessante. Nel centro di ricerche BIFI a Saragozza (Spagna) e‘ stato costruito il piu‘ potente computer per simulare vetri di spin ed il Dr Jimenez ha fatto la propria tesi di dottorato proprio studiando la fase di vetro di spin con tale computer.

I nostri scopi in questa linea di ricerca sono quello di continuare lo studio delle proprieta‘ termodinamiche e degli effetti di "ringiovanimento e memoria" dei vetri di spin 3-dimensionali.

Per raggiungere il primo obiettivo contiamo di mettere a punto alcuni nuovi algoritmi a cluster per i sistemi frustrati. Questi algoritmi a cluster sono molto poco efficienti su un reticolo cubico, ma diventano particolarmente veloci se si studia un modello diluito. Scegliendo accuratamente la diluizione raggiungeremo il doppio scopo di preservare la fase di vetro di spin e di poterla studiare con un algoritmo veloce. Su questo argomento il nostro borsista Dr Thomas Joerg ha gia‘ ottenuto incoraggianti risultati preliminari.

Per quanto riguarda gli effetti di ringiovanimento, non e‘ ancora chiaro se siano riproducibili a livello numerico nei vetri di spin 3-dimensionali. Alcuni risultati preliminari ottenuti da Andrea Maiorano, dottorando di ricerca presso il nostro gruppo, sembrano suggerire una risposta negativa. Nel caso tale risultato fosse confermato da misure piu‘ accurate, diversi concetti andrebbero rivisti nella teoria dei vetri di spin.

In parallelo contiamo di estendere lo studio degli effetti di ringiovanimento anche ai vetri di spin definiti sul reticolo di Bethe. In questo caso e‘ nota una soluzione analitica approssimata (con una rotttura della simmetria delle repliche) della fase di bassa temperatura. Tommaso Castellani, dottorando di ricerca presso il nostro gruppo, sta portando avanti questo studio analitico con il metodo della cavita‘ (recentemente rivisto e migliorato da Mezard e Parisi), cercando di calcolare alcune proprieta‘, quali quella di caos in temperatura, che non sono state analizzate fino ad oggi.

Per questi modelli con interazioni a lungo raggio sara‘ possibile confrontare i risultati delle simulazioni numeriche con quelli analitici approssimati. Tale confronto dovrebbe permetterci di capire quanto le simulazioni numeriche di sistemi disordinati di taglia finita riproducono i fenomeni presenti nel limite termodinamico.

** Vetri strutturali e transizione vetrosa **

Nuove simulazioni numeriche sono necessarie per verificare se l’approccio teorico recentemente formulato da noi parta da ipotesi che sono effettivamente verificate in sistemi realistici. A tal fine e’ necessario operare simulazioni di dinamica molecolare in sistemi tipo Lennard-Jones e sfere soft, e trovare le selle dell’energia potenziale con vario grado di instabilita’. Quando questo sia fatto, si dovra’ procedere ad uno studio accurato degli spettri vibrazionali di questi punti stazionari, per capire come si modifica lo spettro delle selle all’avvicinarsi della transizione vetrosa. In secondo luogo, e’ fondamentale estendere l’approccio analitico sviluppato, in modo da tenere in conto le anarmonicita’ dei punti stazionari, e in tal modo recuperare il corretto valore degli esponenti critici.

** Limite di metastabilita’ nei liquidi sottoraffreddati **

La nostra intenzione e’ di studiare in futuro quale e’ il ruolo giocato dalla elasticita’ nei liquidi sottoraffreddati, e in quale misura l’elasticita’ puo’ inibire l’esistenza del limite di metastabilita’. Infatti, su scale di tempo molto minori del tempo di rilassamento, un liquido sottoraffreddato si comporta come un solido elastico, e dunque la nucleazione del cristallo a bassissime temperature e’ contrastata da un costo elastico proporzionale al volume del dominii cristrallini che si formano. A seconda dei particolari valori dei parametri di elasticita’ e rilassamento, e’ possibile ipotizzare un caso in cui la nucleazione cristallina sia completamente inibita dall’eccessivo costo elastico, rimuovendo in tal modo il limite di metastabilita’ del sistema. Questa tematica puo’ essere anche studiata numericamente accoppiando il modello su reticolo da noi introdotto ad un continuum elastico sottostante, in modo da tener in conto la differenza di volume tra fase cristallina e fase liquida.

** Supersimmetria e complessita’ nei vetri di spin **

Nei sistemi disordinati in cui si ha rottura della supersimmetria (SUSY), e’ necessario formulare nuovi metodi per il calcolo della complessita’. In particolare, date le vaste applicazioni interdisciplinari che esso ha, e’ fondamentale estendere il metodo cavita’ a sistemi con SUSY rotta. In tali sistemi il metodo cavita’ ordinario fallisce perche’ assume che con l’aggiunta di un singolo spin al sistema, la struttura globale degli stati non venga alterata. Tuttavia, quando si ha rottura della SUSY, e’ sufficiente il piccolo campo introdotto dallo spin in piu’ per modificare completamente la struttura degli stati, e dunque e’ necessario dare una nuova formulazione del metodo cavita’ che tenga presente questo punto. Inoltre, sara’ importante verificare quale sia il ruolo della

SUSY in tutti i sistemi disordinati di cui sia nota la classe di universalita' dinamica. In particolare, e' utile studiare il caso dei potenziali random in bassa dimensione, dove la struttura degli stati puo' essere direttamente tenuta sotto cotrollo.

** Modellizzazione e analisi di fenomeni socio economici **

La nostra ricerca si sviluppa lungo le tre direzioni descritte nella sezione delle basi. Abbiamo da poco acquisito un pool molto ricco di dati ad alta frequenza di svariati mercati finanziari sia europei che americani. Su di essi verra' intrapresa un'analisi approfondita volta a caratterizzare vari aspetti del comportamento statistico dei prezzi ad alte frequenze. Soprattutto comunque ci occuperemo di modelli di agenti eterogenei in interazione o in competizione per comprendere l'origine microscopica dell'emergenza di certi fenomeni collettivi (per esempio criticita' e auto-organizzazione o cooperazione, mutualismo e comunicazione). In tali modelli l'eteogeneita' e' modellizzata attraverso variabili aleatorie analoghe agli accoppiamenti nei modelli di vetri di spin, quindi il repertorio tecnico e' essenzialmente comune ai due campi. Particolare attenzione verra' data ai seguenti problemi.

1.Minority-like models.

Un sistema molto semplice che e' stato molto studiato recentemente e' il Minority Game, in cui gli agenti possiedono strategie di scelta adattative e interagiscono tramite un vincolo che premia la minorita'. Nonostante la sua semplicita', molti aspetti di questo modello presentano caratteristiche non banali ed esso puo' essere usato come punto di partenza per modellizzazioni piu' complesse.

2. Fluttuazioni anomale nei mercati finanziari.

Si vuole capire l'origine della fenomenologia dei mercati finanziari (p. es. la formazione di 'bolle') a partire da modelli ad agenti che consentano un'analisi accurata a livello matematico e computazionale. Il modello di riferimento e' sempre il Minority Game sopra descritto, integrato con una appropriata modellizzazione della dinamica del prezzo.

3. Modelli di traffico.

Il traffico (su veicolo o su rete, per es. internet) e' un notevole esempio di sistema di agenti in competizione per una risorsa limitata. Si vogliono studiare modelli in cui gli agenti percorrono le reti in modo induttivo, in modo particolare per capire gli effetti che alcuni sistemi di controllo del traffico (p. es. GPS) avrebbero sull'efficienza del sistema. Il modello di riferimento in questo caso e' il Minority Game accoppiato a una struttura geometrica (la rete).

3. Origine delle leggi macroeconomiche nel modello dell'equilibrio generale (Walrasiano).

Si vuole capire l'origine di alcune leggi empiriche macroeconomiche (p. es. la distribuzione della ricchezza) a partire dall'analisi di

modelli microeconomici classici.

4. Origine dei linguaggi.

Si vuole studiare sotto che condizioni un gruppo di agenti eterogenei ciascuno dotato di un proprio 'lessico' si coordina dinamicamente su un unico sistema di comunicazione. L'idea e' di usare modelli ad agenti opportunamente modificati per rappresentare il linguaggio come un sistema adattativo distribuito che co-evolve con l'ambiente.

** Applicazione di metodi di teoria dei campi **

Nei prossimi anni intendiamo studiare con tecniche Monte Carlo e di teoria dei campi sistemi complessi rilevanti per la fisica dei cuprati, estendere lo studio dei modelli chirali con simmetria O(n)*O(m) includendo la struttura multicritica, rilevante per gli antiferromagneti su reticoli a strati triangolari in presenza di campo magnetico, e studiare sistemi con anisotropia casuale. Accanto alla statica, vogliamo applicare gli stessi metodi alla dinamica di sistemi statistici, focalizzandoci sulle violazioni del teorema di fluttuazione-dissipazione, sulla dinamica fuori dall'equilibrio a piccoli tempi e sul rilassamento all'equilibrio. Infine tecniche Monte Carlo e di teoria dei campi possono essere applicate a sistemi che non sono in equilibrio termodinamico ma sono comunque in uno stato stazionario: in particolare ci occuperemo del gas reticolare in presenza di campo esterno.
Infine metodi Monte Carlo e di teoria dei campi possono essere applicati alla fisica dei polimeri, studiando il fattore di forma per diverse conformazioni polimeriche ed il potenziale effettivo a due corpi. In particolare, ci focalizzeremo sul crossover tra il comportamento in buon solvente ed il regime theta. Simulazioni di dinamica molecolare verranno infine utilizzate per la determinazioni di proprieta' dinamiche dei fluidi semplici vicino alla transizione liquido-vapore: in particolare la viscosita' ed il coefficiente di diffusione.

** Uso di Metodi di Ottimizzazione per il Calcolo Esatto di Funzioni di Partizione **

Abbiamo intenzione di generalizzare i nostri studi a problemi quali la presenza di chaos in temperatura, lo studio di sistemi diluiti, l'analisi di sistemi con accoppiamenti diversi da quelli binari.

** Studio di Sistemi Biofisici. Unzipping del DNA **

Abbiamo intenzione di rendere piu' concrete le nostre idee rispetto alle dinamiche lente, specializzando la nostra analisi a casi reali ed alla analisi di veri esperimenti.

Testo inglese

** Description of out of equilibrium dynamics in glassy systems **

We plan to improve and to extend some approximation schemes for the

out of equilibrium dynamics, which have been recently found useful in relatively simple models. Dr Guilhem Semerjian has been hired as a post-doc in out laboratory for the next 2 years in order to work on the subject. We believe we can apply successfully these new approximations methods to models having a replica symmetry broken phase. These models include the Viana-Bray one and the p-spin on the Bethe lattice.

Comparison with numerical simulation will be our main benchmark for estimating approximation goodness. In the field of numerical simulations our group has a decennial expertise. Thanks to the computational resources we have access to, we believe we can reach a very detailed description of the off-equilibrium dynamics.

Last but not least important point of this research line consist in predicting the asymptotic state of a glassy dynamics. Our objective, although very ambitious, is to characterize the asymptotic state of an out of equilibrium dynamics in terms of equilibrium properties. This result would allow to make precise predictions on long time behavior, without solving the entire off-equilibrium dynamics. In this part of our study will be necessary to better define concepts like complexity, that is the number of thermodynamically stable states at a given energy.

** Search for optimal solutions to a hard combinatorial problem **

Sophisticated searching algorithms, like those invented in the last years by computer scientists, differ from a "physical" dynamics mainly because do not satisfy detailed balance. It is thus a priori unclear whether an asymptotic state can be defined for any searching algorithm.

One of the aims of the present research line will be to generalize the concept of asymptotic state, such that it can be applied to the broadest class of algorithms.

Then we will concentrate in understanding the connection between the "rules" of the searching algorithm and the optimality of the final result. The final aim being to provide general tricks which define a good searching algorithm.

** Thermodynamical properties of finite-dimensional spin glasses. Rejuvenation and memory effects **

Thanks to the exponential growth of available computational resources, we believe that in the next years some old questions on 3-dimensional spin glasses could be finally answered. On this subject our group will benefit from the experience of Dr Sergio Jimenez, hired as a post-doc for the next 2 years. In the BIFI research center in Zaragoza (Spain) a group of physicists build up the most powerful computer dedicated to the study of 3-dimensional spin glasses, and Dr Jimenez had the opportunity of doing his Ph.D. thesis on spin glasses using such a computer.

Our aims along this research line consist mainly in pursuing the study

of thermodynamical properties of 3-dimensional spin glasses as well as their rejuvenation and memory effects. In order to reach the first objective we plan to improve cluster algorithms for frustrated spin systems. Such cluster algorithms are very inefficient when used for a model defined on a 3d cubic lattice, but they become much faster when used for a diluted model. Choosing accurately the dilution we will be able to study a spin glass phase with an efficient algorithm. On this subject our post-doc fellow Dr Thomas Joerg already obtained some encouraging results.

Regarding rejuvenation effects, it is still unclear whether they can be reproduced numerically with the Edwards-Anderson model in 3 dimensions. Some preliminary results obtained by our Ph.D. student Andrea Maiorano point towards a negative answer. In case such a preliminary result would be confirmed by more accurate numerical simulations, some concepts should be revised in the spin glass theory.

In parallel, we plan to extend the study of rejuvenation and memory effects also to spin glasses defined on the Bethe lattice. In this case an approximated analytical solution of the low temperature phase is known (the so-called one step replica symmetry broken solution). Tommaso Castellani, Ph.D. student in our group, is pursuing such an analytical study using the cavity method (recently revised by Mezard and Parisi). His objective is to calculate some properties still unknown, like e.g. the temperature chaos.

For these models having long-range interactions will be possible to compare outcomes of numerical simulations with approximated analytical solutions. Such a comparison would allow us to better understand how much numerical simulations of finite size systems reproduce the behavior in the thermodynamic limit.

** Structural glasses and the glass transition **

New numerical simulations are necessary in order to verify whether the theoretical approach we formulated is in fact starting from realistic hypothesis. To this aim, we need to run Molecular Dynamics simulations in Lennard-Jones, or Soft Sphere systems, and find the stationary points of the potential energy, with various degree of instability. This done, it will be necessary a detailed study of the vibrational spectra of such stationary points, and study how the saddles spectrum is modified when approaching the glass transition. Secondly, it is important to extend the analytical approach we developed, including the anharmonicities of stationary points, to obtain the correct value of the dynamical critical exponents.

** Metastability limit in supercooled liquids **

Our project is to study what is the role played by elasticity in supercooled liquids, and to what extent elasticity may suppress the metastability limit. On time scales much smaller than the structural relaxation time, a supercooled liquid behaves as an elastic solid, from a mechanical point of view. Thus the nucleation of crystal droplets at very low temperatures must pay an elastic cost proportional to the volume of the droplets. Depending on the

elastic and relaxational parameters, it is possible to hypothesize a case where nucleation is completely suppressed by a too large elastic cost. In this case, the metastability limit would be removed. This topic can also be studied numerically, by coupling the lattice model we introduced, to an underlying elastic medium, which takes into account a volume difference between the liquid and elastic phases.

** Supersymmetry and complexity in spin-glasses **

In those disordered systems where the supersymmetry (SUSY) is broken, it is necessary to formulate new methods for the calculation of the complexity. In particular, given its the many interdisciplinary applications, one should extend the cavity method to systems with broken SUSY. In such systems the ordinary cavity method fails, since it implicitly assumes that the structure of states does not change when a new spin is added to the system. However, in SUSY-breaking systems, the small field due to this extra spin is in fact sufficient to completely modify the structure of states, and thus it is necessary to give a new formulation of the cavity method which takes into account this new feature. Moreover, it will be important to check what is the the role of SUSY in all disordered systems whose dynamical universality class is known. In particular, it is useful to study the case of random potentials in low dimensions, where the structure of states can be directly kept under control.

** Modeling and analysing socio-economical phenomena **

Our research is organized according to the three directions described in the base section. We have recently acquired a very rich pool of high frequency data of different European and American financial markets. We plan to analyze these data with different statistical techniques to characterize the behaviour of prices at high frequencies. The main subject of our research concerns however the analysis of models of heterogeneous interacting agents, and our aim is to understand the microscopic origin of the emergence of certain collective processes such as criticality and self-organization, cooperation, mutualism and communication. In these models heterogeneity is modeled via quenched random variables similar to the random interactions of spin glass models and thus the technical repertoire is analogous for these two fields. Particular attention will be given to the following problems:

1. Minority-like models.

A very simple system which has been deeply studied in recent years is the Minority Game, where agents have adaptive strategies of action and interact through a constraint which favors the minority group. Despite its simplicity this model presents a non trivial behaviour and can be used as a starting point to build more complex models.

2. Anomalous fluctuations in financial markets.

One would like to understand the origin of the financial markets phenomenology (i.e. the presence of 'bubbles', the volatility

clustering etc) starting from models of agents which can be treated computationally and mathematically. The reference model is the above quoted Minority Game, integrated with an appropriate price dynamics.

3. Traffic models.

Traffic (standard car traffic or, more generally, traffic on a network, e.g. the Internet) is a clear example of a system where agents are in competition for a limited resource. Our aim is to study models where agents explore the network in an inductive way, particularly to understand the effects that some traffic control systems (e.g. GPS) have on the efficiency of the system. The reference model in this case is the Minority Game coupled to a geometric network.

4. Origin of macroeconomic laws in Walrasian equilibrium.

We would like to understand the origin of certain macroeconomic laws such as wealth distribution, starting from the analysis of some classical microeconomic models.

5. Origin of languages.

We will study under which conditions a group of heterogeneous agents, each one endowed with an individual 'lexicon', can coordinate and dynamically evolve toward a unique communication system. The idea is to use models of heterogeneous agents and describe language as an adaptive distributed system that co-evolve with the environment.

** Field Theory **

In the next years we plan to use Monte Carlo and field-theory methods for the study of complex systems that are relevant for the physics of cuprates, of the multicritical behavior of chiral systems with symmetry O(n)*O(m)---this is relevant for antiferromagnets on stacked triangular lattices in the presence of a magnetic field---and of systems with random anisotropy. We also wish to apply the same methods to the study of the dynamics of statistical systems, focusing on the violations of the fluctuation-dissipation theorem, on the short-time out-of-equilibrium dynamics, and on the relaxation towards equilibrium. Monte Carlo and field-theory techniques can also be applied to systems that are in a stationary state that is not a state of thermal equilibrium: in particular, we shall study the lattice gas in the presence of an external field. The same methods can be applied to polymer physics, studying the form factor and the effective interaction for several different polymer conformations. In particular, we will focus on the crossover between the good-solvent and the theta regimes. Molecular dynamics simulations will be finally used for the determination of the dynamic properties of simple fluids close to the liquid-vapor transition: in particular, the viscosity and the diffusion coefficient.

** Optimization Methods for Exact Computations of Partition Functions **

We want to generalize our approach to problems like temperature chaos,

the study of diluted systems and the analysis of couplings that are different from the binary couplings we have used till now.

** Biophysics. DNA Unzipping **

We want to specialize our slow dynamics approach to realistica cases and to the analysis of real experiments.

2.6 Descrizione delle attrezzature già disponibili ed utilizzabili per la ricerca proposta con valore patrimoniale superiore a 25.000 Euro

Testo italiano

nº	anno di acquisizione	Descrizione
1.	2002	Cluster Linux. Chip Pentium. 40 processori.

Testo inglese

nº	anno di acquisizione	Descrizione
1.	2002	Linux farm. basd on Pentium chips. 40 processors.

2.7 Descrizione delle Grandi attrezzature da acquisire (GA)

Testo italiano

nº	Descrizione	valore presunto	percentuale di utilizzo per il programma
1.	Nuovo cluster Linux. Il vecchio e' ormai obsolto. unita' 1U o "blades" (da decidere in una gara al momento dell'acquisto). Circa 100 processori.	120.000	100

Testo inglese

nº	Descrizione	valore presunto	percentuale di utilizzo per il programma
1.	New Linux cluster. The old farm is becoming obsolet. 1U or blades units (we will decide by a	120.000	100

market competition in the moment when we will buy). Order of 100 processors.	

2.8 Mesi uomo complessivi dedicati al programma

		Numero	Mesi uomo 1° anno	Mesi uomo 2° anno	Totale mesi uomo
Personale universitario dell'Università sede dell'Unità di Ricerca		4	28	28	56
Personale universitario di altre Università		0	0	0	0
Titolari di assegni di ricerca		0			
Titolari di borse	Dottorato	4	40	31	71
	Post-dottorato	5	41	49	90
	Scuola di Specializzazione	0			
Personale a contratto	Assegnisti	0			
	Borsisti	1	11	11	22
	Dottorandi	1	11	11	22
	Altre tipologie	1	3	3	6
Personale extrauniversitario		2	11	11	22
TOTALE		**18**	**145**	**144**	**289**

PARTE III

3.1 Costo complessivo del Programma dell'Unità di Ricerca

Testo italiano

Voce di spesa	Spesa in Euro	Descrizione
Materiale inventariabile	30.000	Soprattutto il normale acquisto di nuovi computer e dischi per i ricercatori del gruppo.
Grandi Attrezzature	120.000	Come descritto prima. Linux farm, 32 bit chips, connessione gigabit.

Materiale di consumo e funzionamento	20.000	Consumo generico. cartoleria, riparazioni hardware, piccoli ricambi, telefoni...
Spese per calcolo ed elaborazione dati		
Personale a contratto	100.000	Come descritto prima. Postdoc e dottorandi.
Servizi esterni	2.000	Soprattutto supporto per sistemi di calcolo (linux farm).
Missioni	30.000	Partecipazioni a congressi. Collaborazioni scientifiche.
Pubblicazioni		
Partecipazione / Organizzazione convegni		
Altro		
TOTALE	**302.000**	

Testo inglese

Voce di spesa	Spesa in Euro	Descrizione
Materiale inventariabile	30.000	Mainly the usual expenses for buying new computers and disks for our resarchers,
Grandi Attrezzature	120.000	As described before. Linux farm, 32 bit chips, gigabit connection.
Materiale di consumo e funzionamento	20.000	Generic perishable material. paper, fixing hardware, small repairing, telephons...
Spese per calcolo ed elaborazione dati		
Personale a contratto	100.000	As described before.Postdoc and doctorates.
Servizi esterni	2.000	mainly support for computer systems (mainly the linux farm).
Missioni	30.000	Scientific collaborations. participation to meetings
Pubblicazioni		
Partecipazione / Organizzazione convegni		
Altro		
TOTALE	**302.000**	

3.2 Costo complessivo del Programma di Ricerca

		Descrizione

Costo complessivo del Programma dell'Unità di Ricerca	302.000	
Fondi disponibili (RD)	100.000	Certificati da INFM (Istituto Nazionale per la Fisica della Materia). Contratti ed attrezzature.
Fondi acquisibili (RA)		
Cofinanziamento di altre amministrazioni		
Cofinanziamento richiesto al MIUR	202.000	

3.3.1 Certifico la dichiarata disponibilità e l'utilizzabilità dei fondi di Ateneo (RD e RA)

SI

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

Firma _____ Data 18/03/2004 ore 23:22