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_003

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

CARACCIOLO **SERGIO**

Professore Ordinario **10/08/1952** **CRCSRG52M10E506W**

FIS/02 - Fisica teorica, modelli e metodi matematici

Università degli Studi di MILANO

Facoltà di SCIENZE MATEMATICHE FISICHE e NATURALI

Dipartimento di FISICA

050 509095	**050 563513**	**sergio.caracciolo@sns.it**
(Prefisso e telefono)	(Numero fax)	(Email)

1.5 Curriculum scientifico del Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

Testo italiano

Sono nato a Lecce il 10.08.1952 e li' ho completato tutti i miei studi pre-universitari.
Mi sono laureato in fisica, presso l'Universita' di Pisa il 14.07.1977, con il massimo dei voti e lode, con una tesi su ''Teorie di gauge su reticolo" di cui e' stato relatore il professor Pietro Menotti.
Ho vinto il concorso per un posto di perfezionando presso la Scuola Normale Superiore di Pisa a partire dal 1.01.1978.
Ho trascorso un anno accademico presso il Laboratoire de Physique Theorique de l'Ecole Normale Superieure di Parigi (Francia), a partire dal 1.10.1980.
Il 1.09.1981 ho preso servizio in qualita' di ricercatore universitario del raggruppamento disciplinare n. 86 (prima disciplina Fisica Teorica) presso la Classe di Scienze Matematiche, fisiche e naturali della Scuola Normale Superiore di Pisa.
Ho trascorso un anno accademico presso l'Institute des Hautes Etudes Scientifiques di Bures-sur-Yvette (Francia), a partire dal 25.09.1981.
Nel novembre 1983 ho vinto una borsa di studio INFN per recarmi all'estero per un anno.
Dal 1.09.1984 sono accettato come membro dell'Institute for Advanced Study di Princeton, New Jersey (USA).
In seguito all'espletamento di un concorso nazionale, il 1.11.93 ho preso servizio in qualita' di professore universitario di seconda fascia del raggruppamento disciplinare B02A presso la Universita' degli Studi di Lecce dove afferisco al Dipartimento di Fisica.
Al termine del triennio di straordinariato, vengo inquadrato nel ruolo di professore universitario di seconda fascia.
Ho vinto il concorso per un posto di seconda fascia a trasferimento nel raggruppamento disciplinare B02A bandito dalla Scuola Normale Superiore di Pisa dove il 1.11.96 prendo servizio presso la Classe di Scienze.

Dal 1.10.2001, dopo essere stato dichiarato idoneo in un concorso bandito a Torino, ho preso servizio quale professore di prima fascia presso il Dipartimento di Fisica della Universita' di Milano

Testo inglese

I was born on 10.08.1952 in Lecce. I graduated from Pisa University in 1977 the supervisor being Pietro Menotti. In 1998 I got a position as 'perfezionando' at the Scuola Normale Superiore in Pisa.
I spent the academic year 1980-1981 at the laboratoire de Physique Theorique de l'Ecole Normale Superieure in Paris (France) and the next year at the Institute des Hautes Etudes Scientifiques in Bures-sur-Yvette (France).
On 1.9.1981 I took a research position at the Scuola Normale Superiore in Pisa in Theoretical Physics.
During the academic year 1984-1985 I was a member of the Institute for Advanced Study in Princeton, New Jersey (USA).
Since 1.11.1993 I became associate professor at the Department of Physics of Lecce University.
Since 1.11.1996 I moved as associate professor of Theoretical Physics at the Scuola Normale Superiore in Pisa.
Since 1.10.2001 I am full professor at the Department of Physics of the Milano University.

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

1. CARACCIOLO S.; PELISSETTO A. (1998). **Corrections to Finite-Size Scaling in the Lattice N-Vector Model for N=infinity** PHYSICAL REVIEW. (vol. D 58 pp. 105007)
2. CARACCIOLO S.; EDWARDS R.; PELISSETTO A.; SOKAL A. D. (1995). **Asymptotic Scaling in the Two-Dimensional sigma-Models at Correlation Length 10^5** PHYSICAL REVIEW LETTERS. (vol. 75 pp. 1891--1894)
3. CARACCIOLO S.; PARISI G.; PATARNELLO S.; SOURLAS N. (1990). **3-D Ising Spin Glasses in a Magnetic Field and Mean-Field Theory** EUROPHYSICS LETTERS. (vol. 11 pp. 783--789)
4. ARAGAO DE CARVALHO C.; CARACCIOLO S.; FROEHLICH J. (1983). **Polymers and g phi^4 Theory in Four Dimensions** NUCLEAR PHYSICS. (vol. B215 [FS7] pp. 209--248)
5. CARACCIOLO S.; CURCI G.; MENOTTI P. (1982). **The Propagator in the A_0=0 Gauge** PHYSICS LETTERS. (vol. 113B pp. 311--314)

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.	CARACCIOLO	Sergio	Dip. FISICA	Prof. Ordinario	FIS/02	11	6
2.	BASSETTI	Bruno	Dip. FISICA	Ricercatore Universitario	FIS/02	11	11
	TOTALE					**22**	**17**

Altro personale

Nessuno

1.7.2 Personale universitario di altre Università

Personale docente

nº	Cognome	Nome	Università	Dipartimento	Qualifica	Settore Disc.	Mesi Uomo 1° anno	Mesi Uomo 2° anno
1.	JONA	Patrizia	Politecnico di MILANO	Dip. FISICA	RU	FIS/01	11	11
	TOTALE						**11**	**11**

Altro personale

Nessuno

1.7.3 Titolari di assegni di ricerca

nº	Cognome	Nome	Dipartimento	Data di inizio del contratto	Durata (in anni)	Mesi Uomo 1° anno	Mesi Uomo 2° anno

1.	ANTONELLI	Vito	Dip. FISICA	01/11/2003	2	4	
2.	RAGO	Antonio	Dip. FISICA	01/11/2003	3	6	6
3.	SPORTIELLO	Andrea	Dip. FISICA	01/12/2003	4	11	11
TOTALE						**21**	**17**

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.	Mognetti	Bortolo	Dip. FISICA	2003	3	Dottorato	11	11
TOTALE							**11**	**11**

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.	Assegnista	36.000	11	11	
TOTALE		**36.000**	**11**	**11**	

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.	Sokal	Alan D.	New York University	Full Professor	3	3
2.	Montanari	Andrea	C.N.R.S. - Ecole Normale Superieure, Parigi	Ricercatore	3	3
3.	Gambassi	Andrea	Max Planck Institute, Stoccarda	Post. Doc.	5	3
4.	Cosentino Lagomarsino	Marco	FOM Institute for Atomic and Molecolar Physics, Amsterdam	Dottorando	6	6
5.	Picariello	Marco	M.I.U.R.	Ex Post. Doc.	4	4
TOTALE					**21**	**19**

PARTE II

2.1 Titolo specifico del programma svolto dall'Unità di Ricerca

Testo italiano

Comportamento critico di sistemi complessi. Fenomeni collettivi in sistemi con molti gradi di liberta' anche in presenza di disordine e di interazioni in competizione tra loro. Estensione dei metodi della meccanica statistica di equilibrio a sistemi fuori dall'equilibrio, cominciando da quelli stazionari.
Applicazione dei metodi della meccanica statistica a sistemi complessi in biologia, informatica, ecologia ed economia

Testo inglese

Critical behaviour in comples systems. Collective phenomena in systems with many degrees of freedom, also in presence of disorder and interactions in competition. Extension of the methods of statistical mechanics to nonequilibrium systems, starting from stationary states. Application of the methods of statistical mechanics to complex systems in biology, information theory, ecology and economics

---

2.2 Settori scientifico-disciplinari interessati dal Programma di Ricerca

FIS/02 - Fisica teorica, modelli e metodi matematici
FIS/03 - Fisica della materia

2.3 Parole chiave

Testo italiano

FENOMENI CRITICI ; TRANSIZIONI DI FASE ; SISTEMI DISORDINATI ; MECCANICA STATISTICA FUORI DALL'EQUILBRIO ; FISICA DEI POLIMERI

Testo inglese

CRITICAL PHENOMENA ; PHASE TRANSITIONS ; DISORDERED SYSTEMS ; NONEQUILIBRIUM STATISTICAL MECHANICS ; POLYMER PHYSICS

2.4 Base di partenza scientifica nazionale o internazionale

Testo italiano

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, gia' 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 formidale 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 contributo 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.
Le cellule viventi utilizzano filamenti per molti scopi;
l'esempio piu' noto e' il DNA, una struttura filamentosa utilizzata dalle cellule eucariote e procariote per processare l'informazione.
Le cellule eucariote, inoltre, usano filamenti per definire la loro struttura variabile (interna ed esterna) e la loro forma, per esempio quando vanno incontro a divisione. I filamenti impegnati nella struttura cellulare costituiscono il cosiddetto citoscheletro.
Un problema fondamentale della biologia cellulare, e di marcato interesse fisico, e' l'organizzazione cooperativa dei filamenti citoscheletrici in strutture ordinate che generano la morfologia cellulare. L'organizzazione dei filamenti citoscheletrici e' il primo argomento della nostra attuale ricerca.
Alcune cellule specializzate ed alcuni organismi unicellulari usano filamenti citoscheletrici per muovere un fluido o per muoversi in unfluido. Un secondo argomento in cui siamo impegnati e' l'idrodinamica del moto ciliare.

4) Negli anni recenti si sono applicate sempre piu' frequentemente idee e modelli tipici

della meccanica statistica all'analisi dei fenomeni
economici. Sia lo studio delle dinamiche dei mercati finanziari, che l'analisi macroeconomica, per avere un riscontro quantitativo,
La collaborazione con fisici operanti professionalmente nell'ambito della finanza quantitativa ci ha permesso di acquisire
una certa competenza in problematiche relative a tale ambito.
In particolare abbiamo sviluppato un modello atto a descrivere alcuni degli aspetti piu' critici
nei comportamenti dei mercati finanziari quali gli andamenti a ''code grasse'' nelle variazioni dei prezzi azionari
e l' aumento delle correlazioni in periodi di turbolenza del mercato.
Questa fenomenologia, fuori dalla portata della trattazione attestata in letteratura, appare nel nostro modello, del Ising dinamico con interazioni a lungo
range, come una conseguenza dell'interazione fra la variazione della singola azione (spin di sito) e il mercato (magnetizzazione totale).

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 combinatorica, 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 puo' essere descritto da una
distribuzione di Gibbs, ha molte proprieta' 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 universalita'.

Testo inglese

Models with many bodies in interaction display an infinitely rich phenomenology.
In ordinary statistical mechanics the hardest problems, and often the most interesting, also from the ponit of view of applications, are those where the fundamental degrees of

freedom are strongly coupled, that is are in a regime where nonlinear effects are important.
In recent past we have already investigated:
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 limiy (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 developped new efficient Monte Carlo algorithms that we could show are very efficient.
3) Filaments are used in living cells for a wide variety of purposes. Perhaps the most known example is that both eukaryotes and prokaryotes use a filamentous
structure, the DNA, to process information. Eukaryotic cells also use filaments to define their changing internal and external structure and shape, for example
when they divide. The filaments performing tasks related to cell structure are the main part of the so-called cytoskeleton. How cytoskeletal filaments organize
cooperatively into different structures which generate the morphology of cells is a fundamental question in cell biology, which has many physical aspects. The organization of cytoskeletal filaments is the first topic of our
current research. Some specialized cells and unicellular organisms use cytoskeletal filaments to propel a fluid or to propel themselves in a fluid.A second
topic we focus on is the hydrodynamics of cell motility.
4) Ideas, methods and models coming from statistical mechanics have been more and more frequently applied to the analysis of economical phenomena in the last
years. Nowadays both the study of financial market dynamics and the macro-economical analyzes cannot need robust quantitative roots, based
Thanks also to the collaboration with physicist working professionally in this field of quantitative finance, we acquired a good skill in the study of this kind of problems.
In particular we developed a model in which one can describe some of the salient and most critical behaviors of financial markets, like the presence of ‘‘fat tails’’ in the
stock price variations and the increasing correlations in the periods of market turmoils. In our model, similar to a dynamical Ising model with long range
interactions, this phenomenology (that cannot be explained in the ‘‘classical models’’) appears simply as a consequence of the interaction between the single
stock (local spin) and the global market (total magnetization).

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

2.4.a Riferimenti bibliografici

Per il finite-size-scaling:
S. Caracciolo et al. "Extrapolating Monte Carlo Simulations to Infinite Volume: Finite-Size Scaling at $xi/L gg 1$" Phys. Rev. Letts 74 (1995), 2969
S. Caracciolo, A. Pelissetto ‘‘Corrections to Finite-Size Scaling in the Lattice N-Vector Model for $N=infty$’’ Phys. Rev. D 58 (1998), 10500
S. Caracciolo et al. ‘‘Finite-Size Correlation Length and Violations of Finite-Size Scaling’’ Europ. Phys. Journ. B 20 (2001), 255
Per una discussione su alcune questione in sospeso nei sistemi non-abeliani
S. Caracciolo, A. Montanari, A. Pelissetto ‘‘Asymptotically free models and discrete non-Abelian groups’’ Phys. Letts B 513 (2001), 223
Per i sistemi stazionari fuori dall’equilibrio
B. Schmittmann and R.K.P Zia, Phase Transitions and Critical Phenomena Vol. 17, edited by C.Domb and J.L. Lebowitz, Academic, New York (1995).
Per la dinamica dei polimeri
Doi M., Edwards S.F. ’’The Theory of Polymer Dynamics’’, Oxford Univ. Press, London (1986).
S. Caracciolo, M. S. Causo, A. Pelissetto ‘‘End-to-end distribution function for dilute polymers’’ Journ Chem. Phys. 77 (2000), 7693
S. Caracciolo et al. ‘‘Bilocal Dynamics for Self-Avoiding Walks’’ Journ. Stat. Phys. 100 (2000), 1111
Alberts D., et. al. "The Molecular Biology of the Cell", Garland, NY, 1994.
Sleigh M.A., editor Cila and Flagella, Academic, London (1974).
M.C. Cross and P.C. Hohemberg, "Pattern formation outside of equilibrium", Rev. Mod. Phys.,65 2, (1993).
Per i motori biologici:
F.J. Nedelec et al., Nature 389, p.305 (1997).
Bassetti, B. et al., Eur. Phys. J. B 15, 483 (1999).
Lee, H.Y., Kardar,M., Phys. Rev. E 64, 056113 (2001)
Bassetti, B. et al., Eur. Phys. J. B 41, 689 (1998).
Bassetti, B. et al., Eur. Phys. J. B 26, 81 (2002).
Gheber L., Korngreen, A. Priel, Z. ‘‘Effect of viscosity on metachrony in mucus propelling cilia’’, Cell Motil. Cytoskeleton 39:9-20 (1998).
Gueron S., Levit-Gurevich K. ‘‘Energetic considerations of ciliary beating and the advantage of metachronal coordination’’, Proc. Nat. Acad. Sci. USA 96, 22:12240-12245 (1999).
Gueron S., et al., ‘‘Cilia internal mechanism and metachronal coordination as the result of hydrodynamical coupling’’, Proc. Nat. Acad. Sci. USA 94:6001-6006 (1997).
Wiggins, C.H. Goldstein, R.E. Phys. Rev. Lett. 80,17 p.3879 (1998).
Camalet S., Julicher F., New J. Phys. 2, p.24.1 (2000).
Per applicazioni alla finanza quantitativa:
R. N. Mantegna, H. E. Stanley,
An Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance,
Cambridge University Press, Cambridge, England (1999)
Studio di un modello con correlazione in campo medio per il mercato azionario,
Master thesis in physics, of A. Martinelli, academical year 2002-2003
Effetti di interazioni collettive e correlazioni in modelli per i mercati finanziari,
Master thesis in physics, of A. Della Savia, academical year 2002-2003

M. Airoldi, Correlation Structure and Fat Tails in Finance: a New Mechanism, arXiv:cond-mat/0107593
M.E.J. Newman, The structure of function of complex network, arXiv:cond-mat/0303516
Per i vetri di spins
M. Mezard, G. Parisi, M.A. Virasoro, "Spin Glass Theory and Beyond, World Scientific, Singapore, (1987).
Per alcune applicazioni della meccanica statistica dei sistemi disordinati
N. Sourlas, Statistical Mechanics and error-correction Codes, Proceedings of the Marseille Satellite Colloquium ‘‘Mathematical Results in Stat. Mechanics’’
A. Montanari, "The glassy phase of Gallager codes", Eur. Phys. J. B 23, 121 (2001)
M. Leone, F. Ricci-Tersenghi, R. Zecchina, Phase coexistence and finite-size scaling in random combinatorial problems, J. Phys. A 34, 4615 (2001)
R. Monasson et al., "Typical-case complexity", Nature (London) 400, 133 (1999)

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

Testo italiano

-) 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.
Recentemente abbiamo individuato un modello fermionico che corrisponde ad un modello sigma per un campo bosonico con un numero -1 di componenti. Tale modello
ha da un lato una importante interpretazione combinatorica ma si presenta anche come un candidato estremamente semplice per lo studio della liberta’
asintotica con metodi rigorosi.

-) Stiamo investigando il modello classico con interazione generica invariante O(N) per mettere in luce la possibilita’ di una transizione di
fase anche in due dimensioni a temperatura finita. Tale transizione e’ associata al canale energia-energia ed e’ stata gia’ osservata in numerose simulazioni
numeriche. Pensiamo di fornire un quadro analitico convincente di questo fenomeno utilizzando lo sviluppo in 1/N.

-) 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 struttere 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
probabilitita’ 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. Un esempio e’ costituito dalle equazioni di cavita’: stiamo studiando con cura queste equazioni

per il problema dell'assegnazione casuale dove pure si hanno a disposizione soluzioni alternative almeno nel caso di un insieme infinito. Il nostro interesse
e' anche motivato dalla importanza di conoscere e controllare gli effetti di taglia finita. 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. E' un modello per analizzare il problema della soddisfacibilta' di un insieme aleatorio di
proposizioni booleane: 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. Abbiamo intenzione di utilizzare queste tecniche anche per studiare la dinamica del modello in condizioni di criticita', sia nel limite di tempi brevi
che di quelli grandi.

-) Fenomeni di trasporto e di organizzazione per distemi di microtubuli forzati. I microtubuli, un particolare tipo di filamenti citoscheletrici, interagiscono
con una classe di proteine, dette motori molecolari, che utilizzano come carburante l'energia prodotta dall'idrolisi dell'ATP per generare forza. Abbiamo
sviluppato un modello, ispirato ad esperimenti in vitro di auto-organizzazione di microtubuli in presenza di proteine motrici, in cui proponiamo come fisicamente
rilevanti la forzante locale dei motori e l'interazione di volume escluso tra i polimeri. Il modello, basato sui driven lattice-gases, mostra un ricco
comportamento di fase -- che include stati assorbenti e stati stazionari inomogenei di non equilibrio -- confrontabile con gli esperimenti. Recentemente abbiamo esteso il modello, includendo una descrizione
piu' realistica dei gradi di liberta' orientazionali dei filamenti. In questo caso troviamo stati stazionari inomogenei di non equilibrio risolvendo la gerarchia di equazioni di campo
medio. Una ulteriore estensione e' il problema della instabilita' dinamica -- rilevante per l'organizzazione dei microtubuli durante il ciclo cellulare -- che noi abbiamo
gia' analizzato nel caso della dinamica diffusiva forzata di un filamento singolo. Abbiamo indicazioni numeriche che la dinamica presenta lunghi periodi di
stabilita' intervallati da rapidi processi di riorganizzazione. Un analisi piu' dettagliata ci dovrebbe permettere di capire similitudini con dinamiche estremali e fenomenologie tipo valanghe.

-) Sistemi di propulsione nelle cellule eucariote: cilia e flagelli. Abbiamo costruito un modello coarse-grain per studiare analiticamente i fenomeni connessi
all'interazione idrodinamica tra cilia, come la generazione spontanea di flusso in un fluido e la formazione di patterns spazio-temporali o onde metacronali.
Con tale modello mettiamo in evidenza le condizioni necessarie essenziali affinche' i

complessi attivi di cilia producano i fenomeni osservati di sincronizzazione su larga scala.
Abbiamo risultati analitici per il caso in cui la forzante attiva nel sistema sia rappresentata da un processo stocastico descritto da unpropagatore di tipo
Brazowski, e per il caso in cui la forzante sia modellata come uno switch interno deterministico. Nel primo caso troviamo che l'onda metacronale e' frustrata
e richiede, per essere sostenuta, un'esplicita interazione a corto range tra le cilia. Nel secondo dimostriamo analiticamente l'esistenza di onde metacronali per
lunghezze d'onda inferiori ad un valore caratteristico. Inoltre, troviamo che il pattern metacronale e' sostenuto da un battito in antifase di cilia consecutive.
Attualmente stiamo studiando numericamente un modello di dinamica (non lineare) di singolo e multipli filamenti come oggetti estesi interagenti con forze
indotte dal fluido. Inoltre pensiamo di poter dimostrare che il fenomeno ''antifase'' e' connesso a processi di ottimizzazione per il trasporto di materia.

-) Nel campo della finanza quantitativa, la possibililita' di spiegare con un'unica causa fenomenologie apparentemente disgiunte ci spinge a sviluppare una analisi piu' articolata della interazione che finora abbiamo assunto identica per ogni componente del sistema.
Da un lato intendiamo considerare modelli tipo vetri di spin, piu' vicini alle interazioni reali
tra le azioni (con situazioni di spiccata frustrazione nella distribuzione degli investimenti).
Dall'altro ci sembra interessante analizzare anche solo la struttura del ''network di interazione'', che si prevede gerarchica e/o con proprieta' di small world.
Questa analisi e' in corso con un lavoro di tesi che utilizza metodi statistici (metodo delle copule) recentemente introdotti in alternativa alle tecniche usuali di analisi di serie storiche.

Testo inglese

-) We wish to eventually clarify the differences in the critical behaviour of 2-dimesional sigma models when the nonabelian symmetry is discrete and continuous,
and to verify numerically the perturbative analysis of the renormalization group flow. Recently, we have found a fermionic model which corresponds to a
sigma-model with a bosonic field with -1 number of components. This model, which has a very nice combinatorial interpretation, can be a very simple candidate
for a rigorous determination of asymtotic freedom.

-) We are studying the classical O(N) model with generic interaction to put into evidence the possibility of a phase transition even in two dimwnsions at
finite temperature. Such a transition occurs in the energy-energy channel and has been already observed by numerical simulations. We are sure we can
provide a convincing theoretical understanding of this phenomenon by using the 1/N expansion.

-) 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 helicas.

-) 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 neglegible.
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 sistematically 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 litterature.

-) Transport and organization phenomena for systems of driven microtubules. Microtubules, a particular kind of filament of the eukaryotic cytoskeleton, interact with a class of force generating proteins, called molecular motors, which are able to use the energy released by the hydrolysis of ATP as a fuel. We developed a model inspired by in vitro self-organization experiments of microtubules and motor proteins, in which we propose the local drive of the molecular motors together with the excluded volume interactions between the polymers as relevant variables. The model, which is related to driven lattice-gases, exhibits a rich phase behavior, which includes absorbing states, and far from equilibrium inhomogeneous steady states, that can be compared to the experiments. Recently, we extended this model by including a more realistic description of the orientational degrees of freedom of the filaments. In this treatment, we are able to find nonequlibirum inhomogeneous steady states by solving the hierarchy of mean-field equations. A further extension is the open problem of dynamic instability, that appears to be relevant for the organization of microtubules throughout the cell cycle, and that we already analyzed in the case of the driven diffusive dynamics of a single filament. We have numerical evidences that the dynamics proceeds trough long periods of stability followed by fast re-organization processes. We think that a more detailed analysis will suggest the analogy with extremal dynamics and avalanches phenomena.

-) Propulsive systems of eukaryotic cells: cilia and flagella. We introduced a coarse-grained model to study analytically phenomena related to the hydrodynamic interaction between cilia, such as the spontaneous generation of fluid flow and the formation of spatio-temporal patterns (metachronal waves). Trough this model we investigate the essential necessary conditions for the active internal complex of cilia to give rise to the observed large scale synchronization phenomena. We have analytical results both for the case in which the active drive on the system is a stochastic process described by a Brazowski-like propagator and for the case in which this drive is an internal deterministic switch. In the former case, we find that metachronal patterns are frustrated and need explicit (short ranged) communication between the cilia to be sustained. In the latter, we prove analytically the existence of metachronal waves below a characteristic wavelength. We also find that the metachronal pattern is sustained by the onset of anti-coordinated beating of consecutive rowers. We are currently studying numerical ways to model the (nonlinear) dynamics of single and multiple filaments as extended objects, which interact through the forces induced by the fluid.
We also are confident to be able to show that the antiphase phenomenon may be

connected with the optimization of matter transport.

-) In the field of quantitative finance, the possibility of finding a unique explanation for different phenomenological aspects suggests the opportunity of developing a more complex analysis, of the interactions that up to now we assumed for simplicity to be equal for every component of the system. From one side we plan to consider models like spin glasses, describing more realistically the stock interactions (with strong frustration in the investment distributions). At the same time it seems worthwhile even to analyze the ‘‘interaction network structure’’ by itself, looking for hierarchical structures and/or small world properties.A first step in this direction has been done with a Diploma Thesis
which is in progress with the use of statistical techniques (copulas method) recently introduced as an alternative to the usual historical series analyzes.

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

Testo italiano

Nessuna

Testo inglese

Nessuna

2.7 Descrizione delle Grandi attrezzature da acquisire (GA)

Testo italiano

Nessuna

Testo inglese

Nessuna

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		2	22	17	39
Personale universitario di altre Università		1	11	11	22
Titolari di assegni di ricerca		3	21	17	38
Titolari di borse	Dottorato	1	11	11	22
	Post-dottorato	0			
	Scuola di Specializzazione	0			
Personale a contratto	Assegnisti	1	11	11	22
	Borsisti	0			
	Dottorandi	0			
	Altre tipologie	0			
Personale extrauniversitario		5	21	19	40
TOTALE		**13**	**97**	**86**	**183**

PARTE III

3.1 Costo complessivo del Programma dell'Unità di Ricerca

Testo italiano

Voce di spesa	Spesa in Euro	Descrizione
Materiale inventariabile	6.000	computer e periferiche connesse, libri
Grandi Attrezzature		
Materiale di consumo e funzionamento	2.500	software, toner per stampanti, penne, carta, contributo ai servizi offerti dal dipartimento
Spese per calcolo ed elaborazione dati		
Personale a contratto	36.000	vorremmo offrire un assegno per due anni ad un dottore di ricerca con esperienza internazionale o in alternativa una collaborazione intellettuale sui temi della proposta
Servizi esterni	2.000	servizi di segreteria per la gestione logistica e amministrativa del progetto, collaboratori per la gestione dei computers
Missioni	2.500	collaborazioni scientifiche

Pubblicazioni		
Partecipazione / Organizzazione convegni	5.000	partecipazione a congressi italiani ed esteri
Altro		
TOTALE	**54.000**	

Testo inglese

Voce di spesa	Spesa in Euro	Descrizione
Materiale inventariabile	6.000	computer and connected hardware, books
Grandi Attrezzature		
Materiale di consumo e funzionamento	2.500	software, toner for printers, pen, paper, contribution to the services of the Department
Spese per calcolo ed elaborazione dati		
Personale a contratto	36.000	we hope to offer a position of "assegnista" for two years to a Ph. D. with international experience or a scientific collaboration on the subject of the proposal
Servizi esterni	2.000	secretary services for emergencies in the administration of the project, help in computer management
Missioni	2.500	scientific collaborations
Pubblicazioni		
Partecipazione / Organizzazione convegni	5.000	national and international congress
Altro		
TOTALE	**54.000**	

3.2 Costo complessivo del Programma di Ricerca

		Descrizione
Costo complessivo del Programma dell'Unità di Ricerca	54.000	
Fondi disponibili (RD)		
Fondi acquisibili (RA)	16.200	4000 dalla Sezione INFN di Milano ed il resto dall'Universita'

Cofinanziamento di altre amministrazioni		
Cofinanziamento richiesto al MIUR	37.800	

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 17/03/2004 ore 17:05