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_002

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

VICARI **ETTORE**

Professore Associato **21/01/1962** **VCRTTR62A21B428R**

FIS/02 - Fisica teorica, modelli e metodi matematici

Università di PISA

Facoltà di SCIENZE MATEMATICHE FISICHE e NATURALI

Dipartimento di FISICA

050-2214530	**050-2214887**	**vicari@df.unipi.it**
(Prefisso e telefono)	(Numero fax)	(Email)

1.5 Curriculum scientifico del Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

Testo italiano

Nato a Caltagirone il 21 Gennaio 1962.

Laurea in Fisica conseguita presso l'Universita' di Pisa nel Marzo 1986.

Dottorato di Ricerca presso l'Universita' di Pisa nel triennio 1987-1989.
Titolo di Dottore di Ricerca conseguito nel 1990.

Posizione Post-Doc finanziata dalla Dalhousie University (Halifax, Canada) e dalla Boston University (Boston, USA) della durata di due anni nel periodo 1989-1991, con sede alla Boston University.

Borsa Post-Doc INFN della durata di un anno nel 1991-1992, con sede a Pisa.

Ricercatore al Dipartimento di Fisica dell'Universita' di Pisa dal 1992 al 2001

Professore Associato al Dipartimento di Fisica dell'Universita' di Pisa dal Maggio 2002.

Attuale attivita' didattica:
Relativita' Generale (primo semestre) e Meccanica Quantistica Relativistica (secondo semestre).

Testo inglese

Born on January 21 1962 at Caltagirone.

Graduated from Pisa University in 1986.

PHD school at the Pisa University in the years 1987-1989.

Post-Doc position at the Boston University (Boston, USA) for two years (1989-1991)

Post-Doc position for one year in Pisa (1991-1992).

Research position at the Physics Departement of the Pisa University since 1992.

Associate professor at the Physics Departement of the Pisa University since 2001.

Teaching General Relativity (first semester) and Relativistic Quantum Mechanics (second semester)

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

1. P. CALABRESE; A. PELISSETTO; VICARI E. (2003). **Multicritical behavior of $O(n_1)oplus O(n_2)$-symmetric systems** PHYSICAL REVIEW B. (vol. 67 pp. 054505)
2. L. DEL DEBBIO; H. PANAGOPOULOS; P. ROSSI; VICARI E. (2002). **Spectrum of confining strings in SU(N) gauge theories** JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. (vol. 01 pp. 09)
3. A. PELISSETTO; VICARI E. (2002). **Critical Phenomena and Renormalization Group Theory** PHYSICS REPORTS. (vol. 368 pp. 549-727)
4. M. CAMPOSTRINI; M. HASENBUSCH; A. PELISSETTO; P. ROSSI; VICARI E. (2001). **Critical behavior of the XY universality class** PHYSICAL REVIEW B. (vol. 63 pp. 214503)
5. A. PELISSETTO; VICARI E. (2000). **Randomly dilute spin models: a six-loop field-theoretic study** PHYSICAL REVIEW B. (vol. 62 pp. 6393-6409)

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.	VICARI	Ettore	Dip. FISICA	Prof. Associato	FIS/02	11	11
2.	ROSSI	Paolo	Dip. FISICA	Prof. Ordinario	FIS/02	11	11
	TOTALE					**22**	**22**

Altro personale

Nessuno

1.7.2 Personale universitario di altre Università

Personale docente

Nessuno

Altro personale

nº	Cognome	Nome	Università	Dipartimento	Qualifica	Mesi Uomo 1° anno	Mesi Uomo 2° anno
1.	Parisen Toldin	Francesco	Scuola Normale Superiore di PISA	Classe di Scienze	dottorando	11	11
	TOTALE					**11**	**11**

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.	Chilla	Vincenzo	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		Note
			1° anno	2° anno	
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	2° anno
1.	Campostrini	Massimo	INFN	I Ricercatore	11	11
2.	Calabrese	Pasquale	Oxford University	Post Doc	11	11
	TOTALE				**22**	**22**

PARTE II

2.1 Titolo specifico del programma svolto dall'Unità di Ricerca

Testo italiano

Fenomeni critici in sistemi complessi e gruppo di rinormalizzazione: sistemi di spin con disordine, dinamica di non equilibrio in sistemi di spin, sistemi quantistici a molti corpi, teorie quantistiche di campo.

Testo inglese

Critical phenomena in complex systems and renormalization group: spin systems with disorder, non-equilibrium dynamics in spin systems, many-body quantum systems, quantum field theories.

2.2 Settori scientifico-disciplinari interessati dal Programma di Ricerca

FIS/02 - Fisica teorica, modelli e metodi

matematici

2.3 Parole chiave

Testo italiano

FENOMENI CRITICI ; SISTEMI DISORDINATI ; DINAMICA DI NON EQUILIBRIO ; SISTEMI QUANTISTICI A MOLTI CORPI ; TEORIE QUANTISTICHE DI CAMPO ; SIMULAZIONI NUMERICHE ; TRANSIZIONI QUANTISTICHE ; TEORIE DI GAUGE SU RETICOLO

Testo inglese

CRITICAL PHENOMENA ; DISORDERED SYSTEMS ; NON-EQUILIBRIUM DYNAMICS ; MANY-BODY QUANTUM SYSTEMS ; QUANTUM FIELD THEORIES ; NUMERICAL SIMULATIONS ; QUANTUM TRANSITIONS ; LATTICE GAUGE THEORIES

2.4 Base di partenza scientifica nazionale o internazionale

Testo italiano

Le teorie di campo quantistiche e la teoria del gruppo di rinormalizzazione permettono di descrivere fenomeni fisici molto diversi, come le interazioni fondamentali della natura (cromodinamica quantistica, modello standard) e i fenomeni critici in meccanica statistica (per esempio la transizione superfluida in He4). Nella nostra attivita‘ di ricerca ci siamo interessati ad entrambi i campi di studio, in particolare alla cromodinamica quantistica nell’ambito delle interazioni fondamentali e a vari fenomeni critici, dalla transizione in He4 a sistemi piu‘ complessi, nell’ambito della meccanica statistica. La lista di referenze, che riporta una parte significativa delle nostre pubblicazioni degli ultimi anni, dovrebbe gia‘ fornire un’idea della nostra attivita‘ recente e delle basi della nostra ricerca.

Nel seguito descriveremo in breve le linee principali della nostra ricerca.

Molti fenomeni critici in natura sono descritti da teorie caratterizzate da un parametro d’ordine con N componenti, simmetria O(N), e pattern di rottura della simmetria O(N)->O(N-1). Per esempio transizioni liquido-vapore, nelle miscele di fluidi, le transizioni nei magneti, la transizione superfluida in He4, la transizione di deconfinamento a temperatura finita della QCD con due flavors leggeri, etc... Se da un lato la teoria di queste transizioni e‘ ben stabilita, d’altra parte e‘ di particolare interesse il miglioramento delle stime teoriche delle varie quantita‘ universali che descrivono la transizione di fase, come gli esponenti critici e l’equazione critica di stato, da confrontare con i risultati dei molti esperimenti riportati in letteratura. Infatti in alcuni casi i risultati sperimentali sono molto precisi, come nel caso della transizione superfluida in He4. Abbiamo dedicato un certo numero di lavori a questo scopo, vedi per esempio referenze [1-10], utilizzando varie tecniche, dallo sviluppo perturbativo nelle teorie di campo, sviluppi di alta temperatura in modelli statistici, e anche

simulazioni Monte Carlo, ottenendo un sensibile miglioramento delle stime delle quantita‘ fisiche universali. I risultati sono anche riportati nella review [14].

In natura ci sono altri fenomeni critici interessanti caratterizzati da pattern di rottura di simmetria piu‘ complessi, che possono essere descritti da teorie phi4 Landau-Ginzburg-Wilson (LGW) piu‘ generali di quella O(N). Tra i sistemi fisici che possono essere descritti da Hamiltoniane LGW generalizzate menzioniamo i materiali magnetici con impurita‘, e piu‘ in generale una classe di modelli di spin con disordine quenched accoppiato all’energia, alcuni sistemi magnetici frustrati caratterizzati da una fase ordinata noncollineare, transizione superfluida in He3, comportamenti critici in prossimita‘ di un punto multicritico, che sono, per esempio, previsti, in ferromagneti anisotropi e nell’ambito della teoria della superconduttivita‘ ad alta temperatura, etc... L’uso del computer con programmi di manipolazione simbolica ci ha permesso di effettuare calcoli perturbativi a grandi ordini per varie teorie phi4 LGW fisicamente interessanti, tipicamente fino a sei loops, che, supplementate da analisi del comportamento dello sviluppo a grandi ordini, hanno fornito accurate descrizioni dei comportamenti critici dei sistemi corrispondenti, vedi referenze [15-26] e [27,28] per reviews. In particolare, nel caso di sistemi Ising con disordine quenched accoppiato all’energia, quali i sistemi di spin diluiti, sono state migliorate le determinazioni degli esponenti critici (usando anche simulazioni Monte Carlo) [15,22], dell’equazione critica di stato [23], e il crossover ad un comportamento critico di tipo random field [21], che e‘ osservato sperimentalmente in antiferromagneti uniassiali diluiti quando si accende un campo magnetico esterno. Sono stati anche studiati alcuni casi particolari di sistemi multicomponenti con anisotropia random [25], per il quali il comportamento critico puo‘ essere ricondotto a quello dei sistemi Ising diluiti.

Un’altra importante linea di ricerca riguarda la dinamica di non equilibrio, in particolare il fenomeno di aging. Utilizzando l’approccio di teoria di campo, e‘ state studiata la relazione tra la funzione di risposta e la funzione di correlazione per varie dinamiche di non equilibrio, e sistemi O(N) puri e con disordine [29-31].

Una parte importante della nostra attivita‘ di ricerca riguarda argomenti rilevanti per la fisica delle interazioni fondamentali, ad in particolare la teoria delle interazioni forti, cromodinamica quantistica, nella formulazione di Wilson su reticolo, utilizzando essenzialmente tecniche non perturbative come le simulazioni Monte Carlo [32-38]. In particolare, e‘ stato portato avanti un progetto dedicato allo studio del comportamento delle teorie di gauge SU(N) nel limite di grande N [34-36].

I sistemi quantistici a molti corpi sono oggetto di grande interesse in settori diversi della fisica; noi ci stiamo occupando delle applicazioni di metodi nati nell’ambito della fisica dello stato condensato a teorie di campo sul reticolo in formalismo Hamiltoniano [41] ed a modelli matriciali [39]; ci siamo dedicati in particolare a modelli supersimmetrici. Ci siamo interessati sia a tecniche deterministiche, come il troncamento dello spazio di Hilbert, che stocastiche, come il Quantum Monte Carlo, per il quale abbiamo organizzato un meeting interdisciplinare [42].

Testo inglese

Quantum Field Theories and Renormalization Group Theory can be used to describe very different physical phenomena, including fundamental interactions (Quantum Chromodynamics, Standard Model) and critical phenomena in statistical mechanics (e.g., the superfluid transition in He4). In our research activity, we pursued both fields of study, and in particular Quantum Chromodynamics within fundamental interactions,

and several critical phenomena, from the transition in He4 to more complex systems, within statistical mechanics. The list of references, which includes a significant portion of our publications in the last few years, should already give an overview of our recent research activity and of the basis of our research.

In the following we will describe shortly the main lines of our research.

Many critical phenomena in nature are described by theories characterized by an N-component order parameter, O(N) symmetry, and symmetry breaking pattern O(N)->O(N-1). We quote, e.g., liquid-vapor transitions, transitions in fluid mixtures and magnetic systems, the superfluid transition in He4, the finite-temperature deconfinement transition in QCD with two light flavors, etc. The theory of these transition is well-established; nonetheless, it is very interesting to improve the theoretical estimates of the many universal quantities describing the phase transition, e.g., critical exponents and the critical equation of state; they can be compared with the many experimental results reported in the literature. Indeed, in several cases the experimental results are very precise, e.g., the superfluid transition of He4. We devoted a number of publications to this task, cf., e.g., references [1-10]; we used several techniques, including the perturbative expansion of field theories, high-temperature expansion in statistical models, and also Monte Carlo simulations; we obtained a sensible improvement in the estimates of universal physical quantities. These results are also reported in the review [14].

In nature, interesting critical phenomena characterized by more complex symmetry breaking patterns exist; they can be described by phi4 Landau-Ginzburg-Wilson (LGW) theories that are more general than the O(N) model. Among the physical systems that can be described by generalized LGW Hamiltonians, we mention: magnetic materials with impurities, and more generically a class of spin models with quenched disorder coupled to energy, several frustrated magnetic systems characterized by a noncollinear ordered phase, the superfluid transition in He3, critical behavior in the vicinity of a multicritical point, that are, e.g., predicted in anisotropic ferromagnets and within the SO(5) theory of high-temperature superconductivity, etc. The use of symbolic manipulation programs on a computer allowed us to perform perturbative computations to high orders for several physically interesting phi4 LGW theories, typically up to six loops; supplemented by an analysis of the behaviors of the expansion to high orders, they yielded accurate descriptions of the critical behavior of the corresponding systems, cf. refs. [15-26] and [27,28] for reviews. In particular, in the case of Ising systems with quenched disorder coupled to energy, as diluted spin systems, we improved the determinations of critical exponents (using also Monte Carlo simulations) [15,22], of the critical equation of state [23], and of the crossover to a random-field like critical behavior [21], which is observed experimentally in diluted uniaxial antiferromagnets when an external magnetic field is switched on. We also studied some special cases of multicomponent systems with random anisotropy [25], for which the critical behavior can be obtained from that of diluted Ising systems.

Another important line of research deals with non-equilibrium dynamics, especially the aging phenomenon. Using the field-theory approach, we studied the relation between the response function and the correlation function for several non-equilibrium dynamics, and O(N) pure and disordered systems [29-31].

An important part of our research activity deals with topics which are relevant for the physics of fundamental interactions, and especially the theory of strong interactions, QCD, in the Wilson lattice formulation, using essentially non-perturbative techniques

like Monte Carlo simulations [32-38]. In particular, we developed a project devoted to the study of the behavior of SU(N) gauge theories on the large-N limit [34-36].

Many-body quantum systems are a topic of great interest in different sectors of physics; we are studying the application of techniques originated within condensed-matter physics to lattice field theories in the Hamiltonian formulation [41] and to matrix models [39]; we devoted our attention mainly to supersymmetric models. We looked at both deterministic methods, like Hilbert-space truncation, and stochastic techniques, like Quantum Monte Carlo, to which we devoted an interdisciplinary meeting [42].

2.4.a Riferimenti bibliografici

[1] M. Campostrini, A. Pelissetto, P. Rossi, E. Vicari,
Improved high-hemperature expansion and critical equation of state of three-dimensional Ising-like systems,
Phys. Rev. E 60 (1999) 3526-3563.

[2] M. Campostrini,
Linked-Cluster Expansion of the Ising Model,
J. Stat. Phys. 103 (2001) 369

[3] M. Campostrini, M. Hasenbusch, A. Pelissetto, P. Rossi, E. Vicari,
Critical behavior of the XY universality class,
Phys. Rev. B 63 (2001) 214503.

[4] M. Campostrini, M. Hasenbusch, A. Pelissetto, P. Rossi, E. Vicari,
Critical exponents and equation of state of the three-dimensional Heisenberg universality class,
Phys. Rev. B 65 (2002) 144520.

[5] M. Campostrini, A. Pelissetto, P. Rossi, E. Vicari,
25th order high-temperature expansion results for three-dimensional Ising-like systems on the simple cubic lattice,
Phys. Rev. E 65 (2002) 066127.

[6] P. Calabrese, A. Pelissetto, E. Vicari,
Critical structure factors of bilinear fields in O(N) vector models,
Phys. Rev. E 66 (2002) 046115.

[7] P. Calabrese, A. Pelissetto, E. Vicari
Structure factor of dilute ring polymers,
J.Chem.Phys. 116 (2002) 8191

[8] V. Martin-Mayor, A. Pelissetto, E. Vicari,
Critical structure factor in Ising systems,
Phys. Rev. E 66 (2002) 026112.

[9] M. De Prato, A. Pelissetto, E. Vicari,
Third-harmonic exponent in three-dimensional N-vector models,
Phys. Rev. B 68 (2003) 092403.

[10] F. Parisen Toldin, A. Pelissetto, E. Vicari,

The scaling equation of state of the 3-D O(4) universality class,
JHEP 07 (2003) 029.

[11] M. Caselle, M. Hasenbusch, A. Pelissetto, E. Vicari,
Irrelevant operators in the two-dimensional Ising model,
J. Phys. A 35 (2002) 4861.

[12] S. Caracciolo, M. S. Causo, A. Pelissetto, P. Rossi, E. Vicari,
Crossover phenomena in spin models with medium-range interactions and self-avoiding walks with medium-range jumps,
Phys. Rev. E 64 (2001) 046130.

[13] P. Calabrese, V. Martin-Mayor, A. Pelissetto, E. Vicari,
Dynamic structure factor of Ising universality class with purely relaxational dynamics,
Phys. Rev. E 68 (2003) 016110.

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

[15] A. Pelissetto, E. Vicari,
Randomly dilute spin models: a six-loop field-theoretic study,
Phys Rev. B 62 (2000) 6393-6409.

[16] A. Pelissetto, P. Rossi, E. Vicari,
The critical behavior of frustrated spin models with noncollinear order,
Phys. Rev. B 63 (2001) 140414(R).

[17] P. Calabrese, P. Parruccini, A. I. Sokolov,
Chiral phase transitions: focus driven critical behavior in systems with planar and vector ordering,
Phys.Rev. B66 (2002) 180403.

[18] A. Pelissetto, P. Rossi, E. Vicari,
Chiral exponents in frustrated spin models with noncollinear order,
Phys. Rev. B 65 (2002) 020403(R).

[19] P. Calabrese, A. Pelissetto, E. Vicari,
Randomly diluted spin models with cubic symmetry,
Phys. Rev. B 67 (2003) 024418.

[20] P. Calabrese, A. Pelissetto, E. Vicari,
Multicritical behavior of O(n_1)+O(n_2)-symmetric systems,
Phys. Rev. B 67 (2003) 054505.

[21] P. Calabrese, A. Pelissetto, E. Vicari,
Crossover from random-dilute to random-field critical behavior in Ising systems,
Phys. Rev. B 68 (2003) 092409.

[22] P. Calabrese, V. Martin-Mayor, A. Pelissetto, E. Vicari,
The three-dimensional randomly dilute Ising model: Monta Carlo results,
Phys. Rev. E 68 (2003) 036136.

[23] P. Calabrese, M. De Prato, A. Pelissetto, E. Vicari,
Critical equation of state of randomly dilute Ising systems

Phys. Rev. B 68 (2003) 134418.

[24] P. Calabrese, P. Parruccini, A. Pelissetto, E. Vicari,
Crossover behavior in three-dimensional dilute Ising systems,
Phys. Rev. E in press [cond-mat/0307699]

[25] P. Calabrese, A. Pelissetto, E. Vicari,
Spin models with random anisotropy and reflection symmetry,
cond-mat/0311576.

[26] M. De Prato, A. Pelissetto, E. Vicari,
The normal-to-planar superfluid transition in He3,
cond-mat/0312362.

[27] P. Calabrese, A. Pelissetto, P. Rossi, E. Vicari,
Field-theory results for three-dimensional transitions with complex symmetries,
Int. J. Mod. Phys. B 17 (2003) 5829,
Talk at the International Conference on Theoretical Physics, TH-2002, UNESCO, Paris, 22nd-27th July, 2002,

[28] P. Calabrese, A. Pelissetto, E. Vicari,
The critical behavior of magnetic systems described by Landau-Ginzburg-Wilson field theories,
To be published in ‘‘Horizons in Superconductivity Research’’, Nova Science Publishers, Inc. (New York). [cond-mat/0306273]

[29] P. Calabrese, A. Gambassi
Aging and fluctuation-dissipation ratio for the diluted Ising Model
Phys. Rev. B 66, 212407 (2002)

[30] P. Calabrese, A. Gambassi,
Two-loop Critical Fluctuation-Dissipation Ratio for the Relaxational Dynamics of the O(N) Landau-Ginzburg Hamiltonian,
Phys.Rev. E66 (2002) 066101

[31] P. Calabrese, A. Gambassi,
Aging in ferromagnetic systems at criticality near four dimensions,
Phys.Rev. E65 (2002) 066120

[32] C. Alexandrou, E. Follana, H. Panagopoulos, E. Vicari,
One-loop renormalization of fermionic currents with the overlap-Dirac operator,
Nucl. Phys. B 580 (2000) 394-406.

[33] L. Del Debbio, H. Panagopoulos, P. Rossi, and E. Vicari,
k-string tensions in SU(N) gauge theories,
Phys. Rev. D 65 (2002) 021501(R).

[34] L. Del Debbio, H. Panagopoulos, P. Rossi, and E. Vicari,
Spectrum of confining strings in SU(N) gauge theories,
JHEP 01 (2002) 09.

[35] S. Profumo, E. Vicari,
Twisted Eguchi-Kawai reduced chiral models,
JHEP 05 (2002) 014.

[36] L. Del Debbio, H. Panagopoulos, E. Vicari,
theta dependence of SU(N) gauge theories,
JHEP 08 (2002) 044.

[37] A. Butti, A. Pelissetto, E. Vicari,
On the nature of the finite-temperature chiral transition in QCD,
JHEP 08 (2003) 029.

[38] L. Del Debbio, H. Panagopoulos, E. Vicari,
Confining strings in representations with common N-ality,
JHEP 09 (2003) 034.

[39] M. Campostrini, J. Wosiek,
Exact Witten Index in D=2 supersymmetric Yang-Mills quantum mechanics,
Phys. Lett. B 550 (2002) 121.

[40] M. Campostrini, P. Parruccini, P. Rossi,
On the evaluation of the improvement parameter in the lattice Hamiltonian approach to critical phenomena,
Phys. Rev. E 67 (2003) 046121.

[41] M. Beccaria, M. Campostrini, A. Feo,
Supersymmetry breaking in two dimensions: the lattice N=1 Wess-Zumino model,
Phys. Rev. D in press, hep-lat/0402007.

[42] M. Campostrini, M. P. Lombardo, E. Pederiva, editors,
Quantum Monte Carlo: Recent advances and common problems in Condensed Matter and Field Theory, Proceedings of the Quantum Monte Carlo meeting, Trento (Italy), July 2001; edizioni ETS, Pisa, 2001.

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

Testo italiano

Il programma dell'unita' di Pisa si sviluppa a partire dalle basi discusse al paragrafo precedente. Nel seguito presentiamo una breve descrizione delle linee di ricerca e delle principali questioni che ci proponiamo di affrontare.

(1) Dinamica fuori equilibrio. Ci proponiamo di studiare fenomeni di aging in sistemi di spin, essenzialmente sistemi Ising puri e con disordine quenched, usando anche lo strumento delle simulazioni Monte Carlo. In particolare intendiamo studiare la relazione e le proprieta' di scaling delle funzioni di correlazione e di risposta di varie osservabili quando il sistema nella fase disordinata viene raffreddato alla temperatura critica.

(2) Sistemi di spin con anisotropia random. Le tecniche standard di teoria di campo che assumono la simmetria delle repliche non evidenziano punti fissi stabili nelle teorie corrispondenti. D'altra parte altri approcci suggeriscono una transizione ad una fase vetrosa. Ci proponiamo di investigare il comportamento critico alla transizione.

(3) In sistemi con disordine accoppiato all'energia, come nei modelli di spin con

impurita', la simmetria delle repliche e' apparentemente preservata. Ci proponiamo di verificare questa proprieta' calcolando le dimensioni RG al punto fisso stabile (replica simmetrico) degli operatori che potrebbero rompere la simmetria delle repliche.

(4) Nei lantanidi La_{2-x} Sr_x Cu O_4 a temperature prossime allo zero viene osservata una fase ordinata caratterizzata da onde di spin per x < 0.14. Per x approssimativamente eguale a 0.14 si osserva un transizione di fase (del secondo ordine secondo gli esperimenti) al di la' della quale scompare l'ordine magnetico. Zhang, Demler e Sachdev (Phys. Rev. B 66 (2002) 094501) hanno proposto una teoria effettiva per descrivere tale transizione. Ci proponiamo di studiare tale teoria, ed in particolare la struttura del suo flusso del gruppo di rinormalizzazione alla ricerca di un punto fisso stabile che supporti le osservazioni sperimentali. Questo dovrebbe essere fatto utilizzando essenzialmente tecniche di teoria di campo, cioe' calcolo degli sviluppi perturbativi a grandi ordini e studio del comportamento asintotico delle serie.

(5) L'esistenza della classe di universalita' chiral in sistemi a N componenti con pattern di rottura di simmetria O(N)->O(N-2) e' ancora un problema controverso. I casi N=2,3 sono rilevanti per la classe di antiferromagneti frustrati caratterizzati da una fase ordinata noncollineare, in quanto, nel caso di transizione continua, dovrebbero descrivere il loro comportamento critico. Differenti approcci forniscono risultati contrastanti. Ci proponiamo di chiarire la questione, usando un approccio di teoria di campo e sviluppi perturbativi a grandi ordini, e simulazioni Monte Carlo.

(6) Nell'elettrodinamica scalare (teoria di Ginzburg-Landau), che e' rilevante per la teoria dei superconduttori, la natura delle transizioni di fase nei vari regimi e' ancora un fatto controverso. Tecniche di teoria di campo, essenzialmente basate sullo sviluppo attorno alle 4 dimensioni, non mostrano punti fissi stabili e quindi predicono transizioni del primo ordine. D'altra parte simulazioni Monte Carlo e altri approcci (basati su una dualita' approssimata) tridimensionali supportano transizioni di fase continue nella regione di tipo II (vedi per esempio Mo, Hove, Sudbo, Phys. Rev. B 65 (2002) 104501). Per chiarire quest'apparente contraddizione, ci proponiamo di estendere i calcoli perturbativi gia' effettuati (che sono generalmente ad un loop), specialmente nell'appproccio a dimensione fissa.

(7) Meccanica quantistica supersimmetrica di Yang-Mills. Le nostre tecniche ci permettono uno studio dettagliato del modello quadridimensionale. Ci proponiamo di estendere lo studio al modello 10-dimensionale, che ha grande interesse per la teoria M; questo richiedera' anche uno sviluppo di algoritmi di calcolo di teoria dei gruppi, che potrebbe avere applicazioni piu' generali.

(8) Modelli supersimmetrici sul reticolo in formalismo Hamiltoniano. Abbiamo iniziato uno studio comparativo di diversi algoritmi che possono consentire di affrontare il problema della rottura dinamica di supersimmetria.

(9) Applicazioni dei metodi di teoria di campo statistica allo studio delle dinamiche evolutive delle popolazioni. In particolare sviluppo di una formulazione Hamiltoniana, e implementazione del formalismo funzionale della propagazione dei geni neutri in popolazioni sessuate.

Testo inglese

The research program of our group develops from the points discussed in the preceding paragraph. In the following we present a brief description of our research projects for the next few years.

(1) Off-equilibrium dynamics. We plan to study aging phenomena in spin systems (in the absence and presence of impurities) by numerical Monte Carlo simulations. In particular, we plan to study the scaling properties of the correlation and response functions of various quantities when the system is cooled from the disordered phase to the critical temperature.

(2) Spin systems in the presence of random anisotropy. Standard field-theoretical methods assuming replica symmetry do not find stable fixed points in the corresponding theories. On the other hand, other approaches suggest a transition to a glass phase. We plan to investigate the critical behavior at the transition.

(3) In sistems with disorder effectively coupled to the energy, such as spin systems in the presence of impurities, the replica symmetry is apparently preserved. We plan to directly check this property by computing the renormalization-group dimensions of the perturbations that may break replica symmetry at the replica-symmetric fixed point.

(4) In La_{2-x} Sr_x Cu O_4 at low temperature experiments observe spin-density-wave order for x<0.14 which disappears for larger doping. Experimentally this transition appears to be continuous. Zhang, Demler e Sachdev (Phys. Rev. B 66 (2002) 094501) have recently proposed an effective theory to describe such transition. We plan to study it, and in particular the structure of its renormalization-group flux, to investigate the presence of a stable fixed point that could support the experimental findings. This should be achieved by employing field-theoretical methods, i.e. by computing several terms in a perturbative framework, and by studying its large-order behavior.

(5) The existence of a chiral universality class in N-component spin systems with symmetry-breaking pattern O(N)->O(N-2) is still a controversial issue. The cases N=2,3 are physically relevant, for example they are expected to describe continuous transitions in frustrated antiferromagnets characterized by a noncollinear ordering, such as stacked triangular antiferromagnets. Different theoretical approaches provide contradictory results, calling for further investigation. We plan to clarify this issue by using two approaches: field theoretical methods based on high-order perturbative calculations and Monte Carlo simulations of phi4 lattice theories.

(6) In the scalar electrodynamics (Ginzburg-Landau theory), which is relevant for the theory of superconductivity, the issue of the nature of the expected phase transitions has not been settled yet. Field-theoretical methods, essentially based on the epsilon expansion around four dimensions, do not provide evidence of stable fixed points, thus suggesting the absence of continuous transitions. On the other hand, Monte Carlo simulations and other three-dimensional approaches (based on approximate duality) support continuous transitions in the type-II region (see e.g. Mo, Hove, Sidbo, Phys. Rev. B 65 (2002) 104501). In order to clarify this apparent contradiction, we plan to extend the field-theory perturbative calculations (the available results are generally to one loop), especially in three-dimensional schemes.

(7) Supersymmetric Yang-Mills quantum mechanics. Our techniques allow us to study in detail the four-dimensional model. We plan to extend the study to the ten-dimensional model, which is of interest for M-theory; this requires the development of algorithms for group theory computations, which might be of more general interest.

(8) Lattice supersymmetric models in the Hamiltonian formulation. We have started the comparative study of different algorithms meant to investigate issues related to dynamical supersymmetry breaking.

(9) Applications of field-theoretical methods to the study of evolution dynamics of populations. In particular we plan to develop a Hamiltonian approach and consider a functional approach to the propagation of neutral genes in sexual populations.

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.	2003	Cluster di PC composto da 7 nodi biprocessore a 64 bit e server di disco

Testo inglese

nº	anno di acquisizione	Descrizione
1.	2003	PC Cluster composed by 7 biprocessor 64 bit nodes and disk server

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	22	44

Personale universitario di altre Università		1	11	11	22
Titolari di assegni di ricerca		0			
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		2	22	22	44
TOTALE		**7**	**77**	**77**	**154**

PARTE III

3.1 Costo complessivo del Programma dell'Unità di Ricerca

Testo italiano

Voce di spesa	Spesa in Euro	Descrizione
Materiale inventariabile	41.000	10 nodi biprocessore a 64 bit per cluster di PC, PC e libri
Grandi Attrezzature		
Materiale di consumo e funzionamento		
Spese per calcolo ed elaborazione dati		
Personale a contratto	36.000	Un assegno per due anni
Servizi esterni		
Missioni	2.000	Collaborazione scientifica con altre sedi italiane e estere
Pubblicazioni		
Partecipazione / Organizzazione convegni	700	Partecipazione a convegni italiani e internazionali
Altro	3.600	Rimborso spese dipartimento
TOTALE	**83.300**	

Testo inglese

Voce di spesa	Spesa in Euro	Descrizione
Materiale inventariabile	41.000	10 biprocessor 64 bit nodes for PC cluster, PC and books
Grandi Attrezzature		
Materiale di consumo e funzionamento		
Spese per calcolo ed elaborazione dati		
Personale a contratto	36.000	Post Doc position for two years
Servizi esterni		
Missioni	2.000	Collaboration with other institutions in Italy and abroad.
Pubblicazioni		
Partecipazione / Organizzazione convegni	700	To attend international and national conferences
Altro	3.600	Contribution to department expenses
TOTALE	**83.300**	

3.2 Costo complessivo del Programma di Ricerca

		Descrizione
Costo complessivo del Programma dell'Unità di Ricerca	83.300	
Fondi disponibili (RD)		
Fondi acquisibili (RA)	25.000	Universita' di Pisa, disponibili in caso di approvazione del cofinanziamento
Cofinanziamento di altre amministrazioni		
Cofinanziamento richiesto al MIUR	58.300	

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 08:41