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_004

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

MARRA **ROSSANA**

Professore Ordinario **08/11/1952** **MRRRSN52S48F839B**

MAT/07 - Fisica matematica

Università degli Studi di ROMA "Tor Vergata"

Facoltà di SCIENZE MATEMATICHE FISICHE e NATURALI

Dipartimento di FISICA

06/72594567	**06/2023507**	**rossana.marra@roma2.infn.it**
(Prefisso e telefono)	(Numero fax)	(Email)

1.5 Curriculum scientifico del Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

Testo italiano

- Attuale posizione:

Professore straordinario,
Dipartimento di Fisica, Università di TorVergata

- Posizioni precedenti:

Ricercatore di Fisica Teorica all'Università di Salerno (1978--1983) e all' Università di Roma La Sapienza (1983--1985)
Professore associato di Meccanica Statistica all' Università di Roma Tor Vergata(1985-2001)

- Membro dell'editorial board di Journal Of Statistical Physics
- Membro del comitato organizzatore delle seguenti conferenze internazionali:

Vulcano, 6-12 settembre 1998, "Macroscopic stochastic fluctuations: Equilibrium and non Equilibrium",
Siena maggio 2000, "New Trends in Statistical Mechanics"
Roma, maggio 2003, "Large systems:Some Mathematical Problems and Perspectives"
Roma settembre 2003, "Statistical Mechanics and Applications"
Montecatini, 9-11 September 20004, "Advances in Mathematical Physics"

- Membro di EU Networks "Asymptotic Methods in Kinetic Theory" and "HYperbolic and Kinetic Equations : Asymptotics, Numerics, Analysis"
- Professore visitatore negli ultimi anni presso:

New York University (USA), Rutgers University (USA), IHES (Francia), IHP (Paris).

- Attività di ricerca:

1977-1982: Teoria dei campi di gauge e meccanica Statistica dell'equilibrio (spin systems).
1982-1986: Meccanica Stocastica e Meccanica Quantistica.
1987-1990: Fluidodinamica e processi stocastici.
Dal 1990: Meccanica Statistica del non equilibrio.

Limiti idrodinamici per sistemi di particelle interagentie e per sistemi cinetici (equazione di Boltzmann). Equazione di Navier-Stokes per automi cellulari stocastici.
In collaborazione con ricercatori di Rutgers University (USA), New York University (USA), Universita' di Roma 1 and Roma 2.
Ricerca attuale: Fenomeni di segregazione e moto di interfacce.
In collaborazione con J.L.Lebowitz and ricercatori di Georgia Tech University, Universita' di L'Aquila and Livermore Laboratory.

Testo inglese

- Present position:

Full Professor, Dipartimento di Fisica, Università di Roma Tor Vergata

- Previous positions:

Fellowship of Ministero della Pubblica Istruzione (1977--1978)
Researcher in Theoretical Physics at Universita' di Salerno (1978--1983) and Università of Roma La Sapienza (1983--1985)
Associate Professor of Statistical Mechanics, Università di Roma Tor Vergata ()1985-2001)

- Member of the editorial board of Journal of Statistical Physics.
- Member of the organizing commitee of the international conferences:

Vulcano, 1998, "Macroscopic stochastic fluctuations: Equilibrium and non Equilibrium",
Siena 2000, "New Trends in Statistical Mechanics"
Rome, 2003, "Large systems: Some Mathematical Problems and Perspectives"
Rome, 2003, "Statistical Mechanics and Applications"
Montecatini, 2004, "Advances in Mathematical Physics".

- Member of the EU networks "Asymptotic Methods in Kinetic Theory" and "HYperbolic and Kinetic Equations: Asymptotics, Numerics, Analysis".
- Visiting professor in recent years at: New York University (USA), Rutgers University (USA), IHES (France),IHP (Paris).
- Research activity:

1977-1982: Gauge Field Theories and Equilibrium Statistical Mechanics (spin systems).
1982-1986: Stochastic Mechanics and Quantum Mechanics.
1987-1990: Fluidodynamics and Stochastic Processes.
Since 1990: Non equilibrium Statistical Mechanics.
Hydrodynamic limits for interacting particle systems and kinetic systems (Boltzmann equations)
Stochastic cellular automata and Navier-Stokes equation. Fluctuation-dissipation theorem. In collaboration with researchers of the Rutgers University, New York University, University of Rome 1 and Rome 2.
Present research: Segregation phenomena and interface motion in fluids and alloys. In collaboration with J.L.Lebowitz and researchers of Georgia Tech University, University of L'Aquila and Livermore Laboratory.

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

1. E.A.CARLEN; M.C.CARVALHO; R.ESPOSITO; J.L.LEBOWITZ; MARRA R. (2003). **Free energy minimizers for a two-species model with segregation and**

liquid-vapour transition NONLINEARITY. (vol. 16 pp. 1075--1105)

2. S.BASTEA; R.ESPOSITO; J.LEBOWITZ; MARRA R. (2002). **Hydrodynamics of bynary fluid segregation** PHYSICAL REVIEW LETTERS. (vol. 89 pp. 235701--235704)
3. BASTEA S.; ESPOSITO R.; LEBOWITZ J. L.; MARRA R. (2000). **Binary Fluids with Long Range Segregating Interaction I: Derivation of Kinetic and Hydrodynamic Equation** JOURNAL OF STATISTICAL PHYSICS. (vol. 101 pp. 1087--1136)
4. GIACOMIN G.; LEBOWITZ J. L.; MARRA R. (2000). **Macroscopic Evolution of particle systems with short and long range interactions** NONLINEARITY. (vol. 13 pp. 2143--2162)
5. ESPOSITO R.; MARRA R.; YAU H.T. (1996). **Navier-Stokes equations for stochastic particle systems on the lattice** COMMUNICATIONS IN MATHEMATICAL PHYSICS. (vol. 182 pp. 395--456)

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.	MARRA	Rossana	Dip. FISICA	Prof. Ordinario	MAT/07	11	11
2.	BENZI	Roberto	Dip. FISICA	Prof. Ordinario	FIS/02	8	8
3.	BIFERALE	Luca	Dip. FISICA	Ricercatore Universitario	FIS/02	11	11
	TOTALE					**30**	**30**

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

nº	Cognome	Nome	Dipartimento	Data di inizio del contratto	Durata (in anni)	Mesi Uomo 1° anno	Mesi Uomo 2° anno
1.	MANZI	Guido	Dip. FISICA	11/12/2003	1	6	6
TOTALE						**6**	**6**

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.	Devenish	Benjamin	Dip. FISICA	2003	2	Post-doc	2	2
2.	Baldazzi	Valentina	Dip. FISICA	2003	3	Dottorato	11	11
3.	Gatto	Renato	Dip. FISICA	2004	3	Post-doc	11	11
4.	Sbragaglia	Mauro	Dip. FISICA	2003	3	Dottorato	11	11
TOTALE							**35**	**35**

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	9.000		6	assegno semestrale, o borsa, o co.co.co.
TOTALE		**9.000**	**0**	**6**	

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.	Lanotte	Alessandra	CNR	ricercatore	6	6
2.	Toschi	Federico	CNR	ricercatore	6	6
3.	Bigozzi	Alberto	CEE(Portogallo)	post doc	6	6
	TOTALE				**18**	**18**

PARTE II

2.1 Titolo specifico del programma svolto dall'Unità di Ricerca

Testo italiano

Sistemi complessi: turbolenza e segregazione di fase.

Testo inglese

Complex systems: turbulence and phase segregation.

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

SEGREGAZIONE DI FASE ; MOTO DI INTERFACCE ; TURBOLENZA NON ISOTROPA ; BOLTZMANN SIMULATIONS ; TURBOLENZA LAGRANGIANA

Testo inglese

PHASE SEGREGATION ; INTERFACE MOTION ; ANISOTROPIC TURBOLENCE ; BOLTZMANN SIMULATIONS ; LAGRANGIAN TURBOLENCE

2.4 Base di partenza scientifica nazionale o internazionale

Testo italiano

Il gruppo di ricerca di sistemi complessi dell'universita' di Tor vergata ha una lunga esperienza nello studio di due importanti argomenti della fisica dei sistemi complessi: turbolenza e transizioni di fase nei fluidi, che hanno in comune il tentativo di capire come comportamenti collettivi e strutture di larga scala emergano in sistemi costituiti da un gran numero di gradi di liberta'. Negli ultimi anni il gruppo ha portato avanti dei progetti di ricerca riguardanti la segregazione di fase nei fluidi e la turbolenza anisotropa in collaborazione con ricercatori di diverse universita' e nazionalita': Rutgers University, Atlanta University, Livermore Lab (USA), Universita' de L'Aquila, del Weizmann Institute of Science (Israel), dell'INLN, CNRS (Francia), dell'Universita' di Torino e dell'Universita' di Roma La Sapienza. In dettaglio:
a) Segregazione e moto di interfacce.
La dinamica dei processi di auto organizzazione nelle transizioni di fase e' il soggetto di molti studi sia teorici che sperimentali riguardanti miscele fluide, leghe metalliche e vetri inorganici [GSS]. Il suo studio richiede di risolvere difficili problemi della fisica statistica del non equilibrio e dei sistemi non lineari. In particolare, la dinamica della separazione di fase in fluidi a molte componenti, come ad esempio miscele di polimeri e miscele di cristalli liquidi, e' di considerevole interesse.
Abbiamo studiato gli effetti idrodinamici sulla segregazione di fase di miscele fluide perche' sono largamente presenti in natura e piu' usate negli esperimenti. Sono state proposte equazioni cinetiche di Vlasov-Boltzmann per un fluido binario che prevedono la separazione di fase delle due specie [BL]. Un algoritmo numerico basato su tali equazioni mostra il rilassamento del sistema verso un equilibrio non omogeneo caratterizzato dalla presenza di interfacce [BL]. Tali stati di equilibrio sono stati studiati analiticamente come minimi del funzionale entropia, che e' un funzionale di Liapunov del sistema [CCELM]. Il comportamento macroscopico del sistema e' descritto da equazioni idrodinamiche dissipative in cui e' presente l'effetto di una forza autoconsistente [BELM]. L'equazione per il parametro d'ordine (concentrazione) e' accoppiata all'equazione per il campo di velocita' in modo diverso da quelli precedentemente proposti. Gli stati finali di rilassamento sono stati investigati teoricamente a partire da tali equazioni studiando il limite in cui l'interfaccia diventa sharp, in un opportuno scaling spazio-temporale e nel limite di zero numero di Mach [BELM1]. In tale limite il campo di velocita' evolve secondo l'equazione di Navier-Stokes incomprimibile e l'interfaccia si muove con velocita' legata dalla legge di Laplace alla curvatura e alla tensione superficiale. Simulazioni numeriche danno un ottimo accordo con questa previsione teorica [BELM1]. Questi risultati confermano lo scenario proposto da Siggia [S], su cui e' basata la previsione di esponenti critici per la crescita di clusters di fasi omogenee. I risultati finora ottenuti danno un quadro abbastanza completo del comportamento macroscopico di un sistema microscopico di due specie di particelle interagenti attraverso forze repulsive a lunga portata tra specie diverse e interazione a corta distanza di hard-core, che e' soggetto a transizione di fase con coesistenza di due fasi.
b) Turbolenza.
Ci siamo interessati a problemi di turbolenza Euleriana isotropa e anisotropa, di Turbolenza Lagrangiana e di problemi di trasporto di particelle passive (contaminanti scalari) e di sostanze attive, come polimeri o bolle (fluidi a due fasi). In quest' ultimo caso il problema e' di particolare interesse a causa del fenomeno noto come "drag reduction". Abbiamo inoltre proseguito l'attivita' di modellizzazione dinamica della cascata di energia turbolenta tramite lo studio dei "modelli a shell" [B03a]. I risultati

piu' importanti sono stati i seguenti.
(i) Turbolenza isotropa e anisotropa. Abbiamo studiato le proprieta' di universalita' delle fluttuazioni anisotrope a piccola scala in differenti fluidi omogenei, come il Random Kolmogorov Flow e una cella convettiva di Raylaigh-Benard [B03b]. Abbiamo mostrato le prime evidenze numeriche che gli esponenti di scala delle componenti anisotrope sono universali. L' universalita' dei settori anisotropi e' stata studiata anche in flussi sperimentali al variare della scala di "shear" [B04a]. Tutti questi risultati, e altri, sono stati riassunti in un articolo di rassegna su "Turbolenza anisotropa e trasporto turbolento" [B04b]. Abbiamo altresÏ mostrato come l'universalita' a piccola scala puo' essere compromessa in presenza di effetti di forcing non analitici, con uno spettro di potenza che si estende fino alle scale dissipative del fluido [B04c,B04d].
(ii) Turbolenza Lagrangiana. In collaborazione con il centro di supercalcolo del CINECA abbiamo effettuato una simulazione numerica di turbolenza omogenea e isotropa con milioni di particelle passivamente trasportate dal fluido. La risoluzione ottenuta (1024x1024x1024) consiste nella piu' alta risoluzione mai ottenuta al mondo con lo specifico scopo di studiare le proprieta' Lagrangiane del fluido turbolento. Il data-base cosi' ottenuto ci ha permesso di studiare in dettaglio le proprieta' statistiche ad una particella (accelerazione e funzioni di struttura lagrangiane) [B04e] a due particelle (diffusione di Richardson e statistica dei tempi di uscita) e a tre e quattro particelle (distribuzione delle geometrie di triangoli e tetraedri) [B04f]. Abbiamo mostrato come un semplice modello multifrattale per la statistica Lagrangiana sia in grado di riprodurre la statistica dell'accelerazione [B04g].
(iii) Drag reduction. Negli ultimi anni si sono sviluppati nuovi modelli idonei allo studio dei fenomeni di riduzione di drag osservati in fluidi turbolenti con soluzioni molto diluite di polimeri. Il problema della riduzione di drag, originariamente osservato in laboratorio alla fine degli anni 40, e' ancora in attesa di una spiegazione fisicamente adeguata, malgrado l'intensa attivita' teorica e sperimentale svolta nel corso degli ultimi 50 anni. Questi modelli descrivono il comportamento dei polimeri utilizzando la struttura del tensore di correlazione nello "stiramento" dei cempo dei polimeri. In questo settore, sono state sviluppate una serie di teorie che prevedono il comportamento del Drag sia per la turbolenza omogenea isotropa (dove una opportuna definizione di Drag e' stata appositamente proposta) sia per lo strato limite turbolento [Be04a,Be03a].

Testo inglese

The research team in complex systems in Tor vergata University has a long experience in the study of two topics in the physics of complex systems: turbulence and phase transition in fluids, which share the effort of understanding how collective behaviors and large scale structures arise in systems of many degrees of freedom, by using common analytical and numerical methods. In the last years the team has been involved in research projects concerning phase segregation in alloys and fluids and anisotropic turbulence in collaboration with researchers from different laboratories and Universities: Rutgers University, Georgia Tech university, Livermore Laboratory (USA), Universita' de L'Aquila, Weizmann Institute of Science (Israel), INLN, CNRS, in France, Universita' di Torino and
Universita' di Roma, La Sapienza.

In more detail:
a) Phase segregation and interface motion.
The dynamics of ordering processes in the phase transitions is the subject of many theoretical and experimental investigations concerning fluid mixtures, metallic alloys and inorganic glasses [GSS]. Its study involves challenging problems of non-equilibrium statistical physics and nonlinear systems. In particular, the dynamics of phase separation in multicomponent fluids, such as polymer blends and liquid crystal

mixtures is of considerable current interest. We have studied the hydrodynamic effects on the phase segregation of fluid mixtures because they are largely present in nature and more suited for experiments. We proposed a kinetic model for a binary fluid based on two coupled Vasov-Boltzmann equations for studying the phase segregation of the two species. Numerical simulations [BL] using an algorithm based on the kinetic equations have shown that the system relaxes at low temperature toward a non homogeneous equilibrium characterized by the presence of interfaces. These equilibria have been classified by studying the minimizers of a macroscopic entropy functional [CCELM], which is a Liapunov functional for this dynamics. The macroscopic behavior of the system is described by hydrodynamic dissipative equations with a self-consistent force. The coupling between the order parameter (concentration) and the velocity field is new and different from previous proposal. The late stages of the phase segregation process are usually studied by considering the limit in which the interface becomes sharp. We have considered [BELM1] our kinetic model in a suitable macroscopic space-time limit (small Mach number) and in the sharp interface limit. We found that in this limit the velocity field is ruled by the incompressible Navier-Stokes equation, the discontinuity of the pressure on the interface is given by the Laplace's law and the velocity of the interface is the macroscopic velocity field. These results confirm the Siggia's scenario [S], which allowed to compute critical exponents for the growth of clusters of homogeneous phases. Numerical simulations based on our algorithm give a good agreement with this analytical analysis.
In conclusion, these results give a satisfactory description of the macroscopic behavior of a system of two species of hard-spheres interacting by collisions and repulsive long-range potential, undergoing phase transition with coexistence of two phases and clarify on which scales the hydrodynamic effects become relevant.
b) Turbulence
The most important results are:
(i) Isotropic and Anisotropic Turbulence. We have studied the properties of universality of small scale fluctuations in highly anisotropic and homogeneous flows as for the case of Random Kolmogorof Flows and Rayleigh-Benard convective cells. We have provided the first numerical evidences that also highly anisotropic sectors have universal scaling properties [B03b]. Universality of anisotropic flows have been studied also in experimental set up such as the case of a homogeneous shear flow and a turbulent boundary layer [B04a]. We have written a review article on "Anisotropic Turbulence and turbulent transport" [B04b]. We have also shown how universality of isotropic fluctuations may be lost in presence of power law forcings [B04c,B04d].
(ii) Lagrangian Turbulence. In collaboration with the centre for scientific computations of CINECA we have performed a direct numerical simulations of a homogeneous and isotropic flow at resolution (1024x1024x1024) seeded with millions of passive tracers. This is the largest data base, world wide, of Lagrangian particle at this Reynolds numbers. We have studied single particle statistics, acceleration and Lagrangian structure functions, [B04e] two-particle statistics, Richardson diffusion and exit-time distributions [B04f], and three-four particle statistics through the shape distributions of triangles and tetraeds. We have also shown as a simple multifractal model is able to describe the acceleration probability density function [B04g]. We plan to use the data-base of particles trajectories also to make a benchmark of the most used stochastic models for turbulent particle diffusion [S01].
(iii) Drag reduction. Recently, many model have been proposed to understand the phenomenon of drag reduction in presence of diluted polymer solutions. The problem is still unsolved. We have developed a theory able to predict the drag-reduction behavior inhomogeneous and isotropic turbulence as well in bounded flows [Be03a,Be04a].

2.4.a Riferimenti bibliografici

[S] E.D. Siggia, Phys.Rev. A 20, 595 (1979).
[La] J. S. Langer, An introduction to the Kinetics of first-order phase transitions,
in Solids far from equilibrium C. Godreche ed., Cambridge Univ. (1991).
[GSS] J.D. Gunton, M. San Miguel and P. Shani, Phase Transition and Critical Phenomena, vol. 8, C. Domb and J.L. Lebowitz ed.s, Academic,NY (1983)
[BL] S. Bastea and J.L. Lebowitz Spinodal Decomposition in Binary Gases. Phys.
Rev. Lett. 75, 3776, (1995).
[GL] G.B. Giacomin, J.L. Lebowitz Exact Macroscopic Description of Phase Segregation in
Model Alloys with Long Range Interactions. Phys. Rev. Lett. 76, 1094, (1996).
[CCELM] E.A.Carlen; M.C.Carvalho, R.Esposito; J.L.Lebowitz; R .Marra(2003). Free energy minimizers for a two-species model with segregation and liquid-vapour transition Nonlinearity.,16 pp. 1075--1105
[BELM1]. S.Bastea; R.Esposito; J.L. Lebowitz; R .Marra. (2002). Hydrodynamics of bynary fluid segregation Phys.Rev.letters 89 pp. 235701--235704 (2003)
[ELM] R. Esposito, J. L. Lebowitz and R .Marra
On the Derivation of Hydrodynamics from the Boltzmann equation
Phys. of Fluids, 11, 2354--2366 (1999)
[BELM] S. Bastea, R. Esposito, J.L. Lebowitz and R. Marra
Binary Fluids with Long Range Segregating Interaction I: Derivation of Kinetic and Hydrodynamic Equations. J. Stat. Phys. 101, 1087--1136 (2000)
[B03a] Shell Models of Energy Cascade in Turbulence. L. Biferale. Ann. Rev. Fluid. Mech. 35 p. 441 (2003)
[B03b] Universality of anisotropic turbulent fluctuations from numerical simulations. L. Biferale, E. Calzavarini, F. Toschi and R. Tripiccione Europhys. Lett. 64, p. 461, (2003)
[B04a] Anisotropic fluctuations in turbulent sheared flows
J. Boris, L. Biferale, G. Iugo and C.M. Casciola Phys. Fluids submitted 2004. nlin.CD/0402054
[B04b] Anisotropy in Turbulent Flows and in Turbulent Transport L. Biferale and I. Procaccia Phys. Rep. submitted 2004.
[B04c] Effects of forcings in fully developed turbulence L. Biferale,
A. Lanotte and F. Toschi Phys. Rev. Lett. 92, 094503 (2004).
[B04d] Anomalous scaling and universality in hydrodynamics systems with power law forcing L. Biferale, M. Cencini, A. Lanotte, M. Sbragaglia and F. Toschi New Journ. Physics in press (2004). nlin.CD/0401020
[B04e] Lagrangian Statistics in Fully Developed Turbulence L. Biferale, G. Boffetta, A. Celani, A. Lanotte and F. Toschi Phys. Rev. Lett. submitted (2004) nlin.CD/0402032.
[B04f] Lagrangian statistics of two-particle dispersion.
L. Biferale, G. Boffetta, A. Celani, A. Lanotte and F. Toschi Phys. Rev. Lett. submitted (2004)
[B04g] Multifractal statistics of Lagrangian velocity and acceleration in turbulence G. Boffetta, B. Devenish, A. Celani, A. Lanotte and F. Toschi Phys. Rev. Lett. submitted (2004). [S01] B. Sawford. Annu. Rev. Fluid. Mech. 33, p. 289 (2001).
[Be04a] Theory of Concentration Dependence in Drag Reduction by Polymers and of the Maximum Drag Reduction AsymptotR. Benzi, E. S. C. Ching, N. Horesh, and I. ProcacciPhys. Rev. Lett. 92, 078302 (2004)
[Be03a] . Simple model for drag reductioR. Benzi and I. Procaccia
Phys. Rev. E 68, 025303 (2003)
[Be04b] A Gibbs-like measure for single-time, multi-scale energy transfer in stochastic signals and Shell Model of turbulence R. Benzi, L. Biferale and M. Sbragaglia J. Stat. Phys. 114 (1-2) 137, 2004.
[Be03b] Intermittency in Turbulence: Multiplicative random process in space and time R. Benzi, L. Biferale and F. Toschi J. Stat. Phys. 113 (5) 783, 2003.
[S01] B. Sawford. Annu. Rev. Fluid. Mech. 33, p. 289 (2001).

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

Testo italiano

a) Segregazione e moto di interfacce.

1) Effetti idrodinamici. Il modello cinetico di un fluido binario basato sulle equazioni di Vlasov-Boltzmann ha dato interessanti risultati sia dal punto di vista numerico che analitico. Ha permesso di chiarire su quali scale spazio-temporali e per quali intervalli dei parametri il moto delle interfacce sia quello ipotizzato finora. Lo spessore dell'interfaccia deve essere molto piccolo, molto piu' di quanto non succeda nelle leghe e il fluido deve essere in regime incomprimibile. Resta aperta la questione del comportamento del sistema per interfacce meno sottili , nel caso in cui il fluido e' leggermente comprimibile e degli effetti termici sul moto delle interfacce sottili. Pensiamo che il metodo delle espansioni che abbiamo usato nei lavori precedenti possa adattarsi anche allo studio di questi casi.
2) Trasporto di massa. Una modificazione del modello in cui l'interazione tra le particelle e' sostituita da un interazione con un reservoir a temperatura fissata fornisce un esempio di modello continuo di sistemi in cui gli effetti idrodinamici possono essere trascurati, come per le leghe. Significa studiare il fluido in una situazione in cui il campo di velocita' ha raggiunto il suo valore di equilibrio al contrario della densita'. C'e' una vasta letteratura [GLP] su modelli di particelle sul reticolo proposti per studiare la decomposizione spinoidale e il moto di interfacce e sono disponibili molti risultati rigorosi. In tali sistemi l'unica legge di conservazione rilevante e' quella della massa e il parametro d'ordine (magnetizzazione) e' limitato. Il modello cinetico che proponiamo e' basato su equazioni di Vlasov-Fokker-Plank e il funzionale di Liapunov di tale sistema e' l'energia libera macroscopica che abbiamo gia' studiato [CCELM]. Quindi sappiamo gia' che il sistema rilassa verso equilibri non omogenei e vogliamo studiare il rilassamento all'equilibrio su varie scale spazio-temporali. Nel nostro modello i parametri d'ordine sono due, concentrazione e densita' totale, e sono non limitati. Conti preliminari indicano nel limite di interfaccia sharp un comportamento simile a quello osservato nelle leghe cioe' che il moto del sistema sia descritto da un moto quasi-stazionario (di Stephan) o dal moto di Mullins-Sekerka, ma descritto da equazioni simili a quelle nel caso di miscele di polimeri [EP], [EO].
Riassumendo:
1) esame degli effetti termici e di compressibilita' del modello cinetico per il fluido per lnterfacce sottili
2) studio del comportamento macroscopico di un modello continuo di leghe
3) analisi numerica per entrambi i modelli usando un algoritmo basato sulle equazioni cinetiche

b) Turbolenza

1) Turbolenza Lagrangiana. Intendiamo effettuare uno studio sistematico dei modelli stocastici utilizzati per descrivere la separazione relativa di due (tre e quattro) particelle in flussi turbolenti. In particolare, intendiamo utilizzare il data-base di due milioni di traiettorie di traccianti passivi ottenuto tramite una DNS ad alti numeri di Reynolds (risoluzione 1024^3) per quantificare le correlazioni a piu' scale e piu' tempi tra campi di velocita' in un sistema di riferimento Lagrangiano [B99]. Queste correlazioni sono alla base di qualunque modellizzazione realistica del trasporto turbolento [K65,P94] e

non sono mai state misurate ne‘ sperimentalmente ne numericamente.
2) MHD. Intendiamo effettuare una serie di simulazioni numeriche dirette di flussi turbolenti conduttori per studiare gli effetti anisotropi in presenza di un campo magnetico a grande scala [B03]. Questo e’ un problema di grande interesse teorico e applicativo per flussi astrofisici. In particolare intendiamo effettuare una simulazione numerica diretta delle equazioni di Navier-Stokes incomprimibili accoppiate ad un campo magnetico con una parte continua
a grande scala. Intendiamo anche analizzare dei dati di vento solare per quantificare le proprieta’ anisotrope del campo magnetico. Per fare questo, intendiamo sfruttare delle tecniche di analisi dati basate sulla decomposizione delle funzioni di correlazione in una base del gruppo delle rotazioni SO(3) [B04,K00].
3) Trasporto di particelle inerziali. Intendiamo estendere lo studio numerico della turbolenza Lagrangiana considerando anche il caso di particelle trasportate di densita’ differente dal flusso sottostante. In questo caso, effetti di inerzia tendono a far aumentare la concentrazione delle particelle piu’ leggere al centro
dei vortici e delle particelle piu’ pesanti nelle regioni iperboliche. Il caso in cui le particelle hanno una reazione sul flusso e’ di grande interesse sia teorico che pratico [M83,E93]. Ci proponiamo di studiare gli effetti di reazione di particelle piu’ leggere (bolle) sulla dinamica a grande scala di flussi con un "mean flow" (Kolmogorov Flow).
4) Drag reduction. Si vuole studiare la congettura che il comportamento qualitativo e quantitativo del fenomeno della riduzione di Drag possa essere complessivamente spiegato come effetto di una viscosita’ dipendente dalla scala (per la turbolenza omogenea e isotropa) o dallo spazio (per la turbolenza di parete).
5) Lattice Boltzmann Equation. Si vuole formulare un modello cinetico in approssimazione BGK (Bhatnagar Gross Krook) in grado di riprodurre nel corretto limite di scala (bassi numeri di Knudsen) le equazioni di modelli turbolenti (modelli a shell) studiando perturbativamente l’effetto delle correzioni non idrodinamiche (Campi Ghosts) alla parte di trasporto e di dissipazione di tali equazioni. Riformulando la teoria cinetica con un operatore BGK generalizzato cerchiamo di capire in che limite la parte non idrodinamica del sistema possa essere utilizzata per elaborare un metodo fisico-matematico innovativo per estrarre da basse risoluzioni informazioni sulla turbolenza sviluppata a alti numeri di Reynolds [C03].

Referenze non incluse nella bliografia principale:
[GLP] G.Giacomin, J.L. lebowitz and E. Presutti, Deterministic and stochastic hydrodynamic equations arising from simple macroscopic model systems, AMS pub.:SPDE’s Six Perspectives (1998)
[EP] Phase separation in incompressible systems, Phys. Rev. E, 55, R3844 (1997)
[EO] W. E and F. Otto, Thermodynamically driven incompressible fluid mixtures. J. Chem. Phys., 107(23):10177-10184, 1997.
[B99] Multi-time, multi-scale correlation functions in turbulenceand in turbulent models L. Biferale, G. Boffetta, A. Celani, F. ToschiPhysica D 127, 187, (1999).
[K65] R.H.Kraichnan, Phys. Fluids 8, 575 (1965).
[P94] S.B. Pope. Annu. Rev. Fluid Mech. 26, p.23 (1994).
[B03] D. Biskamp,"Magnetohydrodynamic Turbulence" (Cambridge Univ. Press, Cambridge2003).
[K00] S. Kurienand K.R. Sreenivasan, Anisotropic scaling contributions to high-orderstructure functions in high-Reynolds-number turbulence, Phys. Rev. E,62, p. 2206 (2000).
[M83] M. Maxey and J. Riley, Equation of motion ofra small rigid sphere in a nonuniform flow, Phys. Fluids 26, 883(1983).
[E93] S. Elgobashi and G. Truesdell, On the two-way interactionbetweenhomogeneous turbulence and dispersed solid particles. Phys Fluids A 5, p 1790 (1993).
[C03] Boltzmann Kinetic Equation for Turbulent Flows. Hudong Chen, Satheesh Kandasamy, Steven Orszag, Rick Shock, Sauro Succi, and Victor Yakhot Science vol

301, 633 Aug 1 (2003).

Testo inglese

a) Phase segregation and interface motion.

1) Hydrodynamic effects. The kinetic model of a binary fluid based on the Vlasov-Boltzmann equations has been successful in describing the late stages of the segregation process, both from the analytical and numeric point of view. It is now clear on which scales the motion of the interface is like the one of an elastic membrane following the incompressible velocity field. To get this regime the width of the interface has to be very sharp, much sharper than in the case of alloys. There are still open questions: the thermal effects on the motion of the interface and the compressibility effects, that should be relevant when the interface is less sharp. We think that our methods could be useful also to get these corrections and plan to work on that in the next two years.
2) Mass transport. A second topic of interest that we plan to investigate is a modification of the kinetic model in which the interaction of short range between the particles is replaced by an interaction with a reservoir at fixed temperature, so that the hydrodynamic effects can be ignored as for the alloys. There is a large literature on models of particles on a lattice for studying the spinoidal decomposition and the motion by curvature and many rigorous results [GLP]. In these models only the transport of mass is relevant and the order parameter (magnetization) is limited. The kinetic model we are proposing is described by Vlasov-Fokker-Plank equations for the two order parameters, density and concentration (which are non limited) and the Liapunov functional is the macroscopic free-energy that we have already studied [CCELM]. Hence we know that this system relax toward non homogeneous equilibria and we want to study the late stages of this process. Preliminary computations indicate in the sharp interface limit a behavior similar to the case of alloys: a quasi stationary motion (Stephan) or a Mullins-Sekerka motion, but similar to the equations for the interface motion of polymer blends [EP],[EO].
Summarizing the main points of this project:
1) Study of the thermal and compressibility effects for the kinetic model of the binary fluid for sharp interfaces.
2) Study of the macroscopic behavior of an alloy model on the continuum.
3) Numerical analysis for both models using an algorithm based on the kinetic models.

b) Turbulence

1) Lagrangian Turbulence. We intend to extend the systematic study of the data-base obtained with the DNS simulations of millions of passive tracers on a grid-resolution of 1024^3. In particular, we want to measure the multi-scale multi-time velocity correlation functions in a lagrangian reference frame [B99]. This is at the core of any serious stochastic modelization of particle dispersion in turbulent flows [K65,P94]. Such measurements have never been obtained neither in experiments nor in numerics.
2) MHD. We intend to perform a DNS of turbulent conducting flows (MagnetoHydroDynamics) in order to study the anisotropic properties in presence of a large scale magnetic field [B03]. This is a very important question, both from the theoretical and applied point of view due to its application to astrophysical context. In particular we intend to perform a DNS of incompressible Navier-Stokes equations coupled with a magnetic field with a mean component. We intend also to analyze the anisotropic properties of the magnetic filed in the solar wind exploiting recent developed techniques based on SO(3) decompositions [B04,K00].
3) Lagrangian properties of inertia particles. We want to extend our Lagrangian DNS by

adding also particles with different densities. In particular, we are interested to the case of two-phase flows, a turbulent flow seeded with micro bubbles [M83,E93]. We intend to perform a DNS of a Kolmogorov Flow with micro-bubbles in order to study their feedback on the mean-flow. The possibility to detect a drag-reduction effect will be investigated.
4) Drag reduction. We want to study the proposal that the drag-reduction in wall bounded flows can be explained in terms of a effective viscosity depending on the scale (for homogeneous flows) and on the distance from the wall for wall bounded flows.
5) Lattice Boltzmann Equations. We want to propose a kinematical model in BGK (Bhatnagar Gross Krook) approximation able to reproduce in the correct limit of small Knudsen number the dynamical equations of shell models for the turbulent energy cascade. In this LBE for Shell models we want to study the importance of the Ghost Fields for
the advection and dissipation of energy. We want to test if by changing the BGK operator we can modify the energy dissipation mechanism by using also the dynamical properties of the Ghosts fields [C03].

References not in the main bibliography:
[GLP] G.Giacomin, J.L. lebowitz and E. Presutti, Deterministic and stochastic hydrodynamic equations arising from simple macroscopic model systems, AMS pub.:SPDE's Six Perspectives (1998)
[EP] Phase separation in incompressible systems, Phys. Rev. E, 55, R3844 (1997)
[EO] W. E and F. Otto, Thermodynamically driven incompressible fluid mixtures. J. Chem. Phys., 107(23):10177-10184, 1997.
[B99] Multi-time, multi-scale correlation functions in turbulence and in turbulent models L. Biferale, G. Boffetta, A. Celani, F. ToschiPhysica D 127, 187, (1999).
[K65] R.H.Kraichnan, Phys. Fluids 8, 575 (1965).
[P94] S.B. Pope. Annu. Rev. Fluid Mech. 26, p.23 (1994).
[B03] D. Biskamp,"Magnetohydrodynamic Turbulence" (Cambridge Univ. Press, Cambridge2003).
[K00] S. Kurienand K.R. Sreenivasan, Anisotropic scaling contributions to high-order structure functions in high-Reynolds-number turbulence, Phys. Rev. E,62, p. 2206 (2000).
[M83] M. Maxey and J. Riley, Equation of motion of small rigid sphere in a nonuniform flow, Phys. Fluids 26, 883(1983).
[E93] S. Elgobashi and G. Truesdell, On the two-way interaction between homogeneous turbulence and dispersed solid particles. Phys Fluids A 5, p 1790 (1993).
[C03] Boltzmann Kinetic Equation for Turbulent Flows. Hudong Chen, Satheesh Kandasamy, Steven Orszag, Rick Shock, Sauro Succi, and Victor Yakhot Science vol 301, 633 Aug 1 (2003).

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		3	30	30	60
Personale universitario di altre Università		0	0	0	0
Titolari di assegni di ricerca		1	6	6	12
Titolari di borse	Dottorato	2	22	22	44
	Post-dottorato	2	13	13	26
	Scuola di Specializzazione	0			
Personale a contratto	Assegnisti	1	0	6	6
	Borsisti	0			
	Dottorandi	0			
	Altre tipologie	0			
Personale extrauniversitario		3	18	18	36
TOTALE		**12**	**89**	**95**	**184**

PARTE III

3.1 Costo complessivo del Programma dell'Unità di Ricerca

Testo italiano

Voce di spesa	Spesa in Euro	Descrizione
Materiale inventariabile	14.000	PC, stampanti, scanners, libri,
Grandi Attrezzature		
Materiale di consumo e funzionamento	4.000	Cancelleria, manutenzione computers
Spese per calcolo ed elaborazione dati		
Personale a contratto	9.000	Assegno di ricerca semestrale, borsa di studio, co.co.co
Servizi esterni		
Missioni	21.000	partecipazioni a conferenze, soggiorni di studio e collaborazione scientifica
Pubblicazioni		
Partecipazione / Organizzazione convegni		
Altro	16.000	contributo del 5%,inviti per seminari e soggiorni di studio e collaborazione scientifica, software, spese postali e telefoniche, riviste elettroniche
TOTALE	**64.000**	

Testo inglese

Voce di spesa	Spesa in Euro	Descrizione
Materiale inventariabile	14.000	PC, printers, scanners,books
Grandi Attrezzature		
Materiale di consumo e funzionamento	4.000	Computers maintenance, stationery
Spese per calcolo ed elaborazione dati		
Personale a contratto	9.000	Fellowships for the project
Servizi esterni		
Missioni	21.000	Stages for scientific collaborations . Partecipation to conferences
Pubblicazioni		
Partecipazione / Organizzazione convegni		

Altro	16.000	5% contribution to Physics Department . Visiting researchers, software, mail and phone bills, online journals
TOTALE	**64.000**	

3.2 Costo complessivo del Programma di Ricerca

		Descrizione
Costo complessivo del Programma dell'Unità di Ricerca	64.000	
Fondi disponibili (RD)	13.300	RSA(ex 60%)1999--2003 Marra, Benzi, Biferale CEE (CAST))Biferale INFM 2000 Marra CEE Benzi
Fondi acquisibili (RA)	5.900	Cofinanziamento aggiuntivo Universita' di Tor Vergata
Cofinanziamento di altre amministrazioni		
Cofinanziamento richiesto al MIUR	44.800	

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 19/03/2004 ore 07:59