

MINISTERO
DELL'ISTRUZIONE
DELL'UNIVERSITÀ
E DELLA RICERCA



Programmi di ricerca cofinanziati - Modello C
Rendiconto di unità di ricerca - ANNO 2000
prot. MM01168817_005

1. Area Scientifico Disciplinare principale	01: Scienze matematiche
2. Coordinatore Scientifico del programma di ricerca	CERCIGNANI Carlo
- Università	Politecnico di MILANO
- Facoltà	Facoltà di INGEGNERIA
- Dipartimento/Istituto	Dip. MATEMATICA
3. Titolo del programma di ricerca	Problemi matematici delle teorie cinetiche
<hr/>	
4. Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca	FROSALI Giovanni
- Università	Università degli Studi di FIRENZE
- Facoltà	Facoltà di INGEGNERIA
- Dipartimento/Istituto	Dip. MATEMATICA APPLICATA
5. TITOLO del programma dell'unità di ricerca	Modelli matematici per dispositivi a semiconduttore, analisi asintotica in teorie cinetiche ed applicazioni
6. SETTORE principale dell'unità di ricerca:	A03X
7. Finanziamenti assegnati all'unità di ricerca:	
- Quota Ateneo	18.000.000 Lire (9.296 Euro)
- Quota MIUR	42.000.000 Lire (21.691 Euro)
- Finanziamento totale	60.000.000 Lire (30.987 Euro)

8. Descrizione della Ricerca eseguita e dei risultati ottenuti

L'attività del gruppo di ricerca di Firenze nel periodo 2000-2002 si è rivolta a problemi fisico-matematici che si possono suddividere nei tre principali filoni

1. MODELLI MATEMATICI E METODI NUMERICI nella modellistica dei dispositivi a semiconduttore,
2. MODELLI CINETICI PER COAGULAZIONE DI POLVERI E PLASMI,
3. TEORIA DEI SEMIGRUPPI, PROBLEMI DI ESISTENZA ED UNICITÀ, E PROBLEMI INVERSI IN TEORIA DEL TRASPORTO.

1. MODELLI MATEMATICI E METODI NUMERICI NELLA MODELLISTICA DEI DISPOSITIVI A SEMICONDUTTORE

La ricerca in questo settore è stata la preminente ed ha riguardato lo studio del trasporto quantistico e le sue

applicazioni alla modellistica di dispositivi. A tale scopo abbiamo individuato nella formulazione Wigneriana della meccanica quantistica uno strumento privilegiato in quanto essa consente di ottenere, per gli stati misti, equazioni che sono l'analogo quantistico delle equazioni cinetiche classiche [5]. Inoltre, il passaggio ai diversi limiti asintotici semiclassici risulta particolarmente agevole in questo formalismo e diversi studi dimostrano anche buone proprietà di implementazione numerica.

Analizziamo in particolare i temi principali che sono stati oggetto di risultati.

1.1 Problemi al contorno per l'equazione di Wigner in domini limitati.

I problemi al contorno per l'equazione di Wigner in domini limitati sono di grande interesse applicativo in quanto forniscono modelli di interfaccia tra l'unità funzionale del dispositivo e i contatti esterni. L'analogia della teoria Wigneriana con le teorie cinetiche classiche permette la formulazione di condizioni al contorno di tipo "inflow". Dal punto di vista strettamente matematico, la buona posizione dell'equazione di Wigner stazionaria con condizioni di inflow non è stata ancora completamente dimostrata ed è attualmente all'attenzione dei matematici del settore.

In [9] è stato introdotto un nuovo metodo per affrontare il problema che ha permesso di dimostrare la buona posizione, nell'ipotesi aggiuntiva di una soglia minima (arbitrariamente piccola) per le velocità degli elettroni. Possibili strategie per estendere la dimostrazione al caso generale sono state discusse in [2].

Oltre ad un'analisi di modelli matematici basati sull'equazione di Wigner [2], [5], [9] si è investigato rigorosamente il sistema non-lineare di Wigner-Poisson con condizioni al contorno semiclassiche di tipo "inflow".

In particolare, nel caso del sistema non-lineare di Wigner-Poisson, la ricerca, effettuata in collaborazione con la Dott.ssa Chiara Manzini (SNS-Pisa), ha portato a risultati di buona posizione in spazi L_2 con peso nel caso unidimensionale. Il caso tridimensionale è tuttora sotto esame, con risultati finora molto incoraggianti.

1.2 Modelli di trasporto multibanda.

Il prototipo dei dispositivi a semiconduttore è il Resonant Tunneling Diode (RTD), che è già stato studiato mediante il formalismo di Wigner e le cui equazioni cinetiche devono essere risolte per via numerica. Un altro dispositivo di grande interesse è il Resonant Interband Tunneling Diode (RITD), che si differenzia dall'RTD principalmente per il fatto che gli elettroni di valenza giocano un ruolo determinante nel controllare il flusso di corrente. Per la descrizione cinetica dell'RITD mediante la funzione di Wigner, è necessaria la formulazione di un modello di trasporto multibanda, finora assente in letteratura, e che noi abbiamo sviluppato nel corso degli ultimi due anni.

Solitamente, la funzione di Wigner per un insieme statistico di elettroni che si muovono sotto l'azione del potenziale periodico del cristallo ed in presenza di un campo esterno, è definita soltanto per la popolazione della banda di conduzione nell'ambito dell'approssimazione della massa efficace. La struttura delle equazioni cinetiche è la stessa che nel caso di elettroni liberi sotto un potenziale esterno. L'effetto del potenziale periodico è rappresentato dal termine di streaming con la massa efficace, mentre il campo esterno appare nell'operatore pseudo-differenziale.

Lungo questa linea di ricerca, abbiamo definito la funzione di Wigner per un insieme statistico di elettroni comprendente le popolazioni di tutte le bande di energia e si è scritta l'equazione di evoluzione temporale esatta in assenza di campo esterno [17] per bande di forma qualsiasi. Se si prendono in considerazione M bande, la funzione di Wigner è una somma di $M \times M$ termini caratterizzati da un doppio indice di banda. Il modello è stato quindi esteso al caso in cui l'evoluzione temporale della funzione di Wigner sia determinata, oltre che dal potenziale periodico del reticolo, anche da un potenziale esterno. Dalle equazioni generali, si è quindi ricavato un modello multibanda semplificato, applicando l'approssimazione di massa efficace a ciascuna banda [16].

Nello sviluppare modelli di trasporto quantistico in semiconduttori con effetti di accoppiamento tra bande di energia si sono definite opportune "distribuzioni di Wigner multibanda", scrivendone le relative equazioni dinamiche, in vari casi:

- a) per proiezioni di Floquet "pure" della funzione d'onda;
- b) per funzioni di involuppo di tipo Wannier-Slater;
- c) per funzioni di involuppo di Luttinger-Kohn (modello di Kane).

I vari modelli sono stati analizzati per dimostrarne la buona posizione e per metterne in luce le diverse caratteristiche matematiche e il diverso significato fisico.

Le equazioni differenziali del modello multibanda così ottenuto presentano ancora notevoli difficoltà alla risoluzione numerica. Abbiamo quindi utilizzato il modello per lo studio di alcuni fenomeni elementari, per i quali le equazioni si semplificano ulteriormente:

- (i) effetto della non parabolicità del profilo di banda nel caso di singola banda in assenza di campo esterno e confronto con la soluzione free-streaming dell'approssimazione di massa efficace [18];
- (ii) studio di una transizione interbanda di un gruppo di elettroni spazialmente omogeneo (funzione di Wigner indipendente dalla coordinata spaziale) sotto l'azione di un campo esterno costante;
- (iii) evoluzione di un gruppo di elettroni in singola banda con profilo (non parabolico) che presenta un minimo centrale ed un minimo satellite, ed in presenza di campo esterno costante. In quest'ultimo caso, è stato scelto un profilo di banda con caratteristiche molto vicine a quelle del GaAs.

L'applicazione del modello a semiconduttori e dispositivi reali comporta la determinazione numerica preliminare delle funzioni di Bloch per i cristalli in questione, ed è quindi più complessa. Le prospettive di sviluppo più immediate sono l'aggiunta di un termine di collisione nel caso (iii) e la generalizzazione del caso (ii) ad una situazione spazialmente non omogenea.

Parallelemente a questi argomenti, è stato anche studiato, nell'ambito delle tematiche di base del trasporto quantistico, il problema delle soluzioni stazionarie del sistema di Wigner-Poisson con condizioni al contorno periodiche (modi BGK quantistici) [14]. Queste sono generalizzazioni quantistiche delle soluzioni stazionarie del sistema di Vlasov-Poisson della fisica del plasma.

Nell'ambito del formalismo di Wigner, ricordiamo anche il lavoro [11], in cui si ottiene la versione di Wigner del classico modello di Kane a due bande. Un tale modello si basa su una opportuna approssimazione delle funzioni di Bloch, utilizzando il metodo k.P per una approssimazione dell'Hamiltoniana.

Queste ricerche sono in collaborazione con il laboratorio di microelettronica dell'Università di Firenze, dove sono state effettuate misure su alcuni prototipi industriali, e con il gruppo di ricerca del Prof. C. Jacoboni (Univ. di Modena).

1.3 Analisi asintotica del modello di Luttinger-Khon

Si è iniziato lo studio matematico rigoroso della teoria delle funzioni di involuppo di Luttinger e Khon. Tale teoria è uno dei capisaldi della modellizzazione matematica del trasporto quantistico in semiconduttori. Il nostro studio è rivolto soprattutto all'analisi asintotica rispetto ad un "parametro piccolo" legato al periodo del potenziale periodico del cristallo semiconduttore. La ricerca è svolta in collaborazione col Prof. Naoufel Ben Abdallah (Lab. MIP-UPS, Toulouse).

1.4 Equilibrio termodinamico quantistico multi-banda

Si è studiato l'equilibrio termodinamico di un sistema quantistico descritto da una Hamiltoniana di Kane a due bande, [6]. Utilizzando un'estensione al caso multi-banda del formalismo di Wigner e lo sviluppo perturbativo di Dyson-Phillips si è trovato uno sviluppo asintotico in potenze di \hbar della matrice che descrive l'equilibrio termodinamico del sistema. I termini dello sviluppo fino all'ordine 2 sono stati calcolati esplicitamente. Il lavoro è in corso di stesura definitiva.

1.5 Equazioni idrodinamiche quantistiche

Si è iniziato lo studio di equazioni idrodinamiche quantistiche per sistemi multi-banda. Si sono dedotti sistemi (non chiusi) di equazioni idrodinamiche sia a partire dal modello di Kane, usando un ansatz WKB per stati misti, sia prendendo i momenti dalle equazioni di Wigner multi-banda descritte precedentemente. Un primo passo per affrontare il problema della chiusura dei sistemi di equazioni così ottenuti è costituito dalla conoscenza della distribuzione di Wigner all'equilibrio termodinamico (si veda il precedente punto 1.4).

1.6 Metodi numerici per dispositivi a semiconduttore interbanda.

E' noto che il sistema di Wigner-Poisson (WP), nel limite classico, diventa il sistema di Vlasov-Poisson (VP). Quindi molti dei metodi numerici che si usano per il sistema di VP sono quindi adattabili al sistema di WP. In particolare, poiché l'equazione di Liouville per la funzione di Wigner contiene un operatore pseudo-differenziale, al posto del termine di accelerazione dell'equazione di Boltzmann o Vlasov, i metodi numerici che utilizzano le trasformate di Fourier sono immediatamente utilizzabili per il sistema di WP.

E' stato affrontato il problema della soluzione numerica del sistema di WP mediante lo splitting scheme. Abbiamo scritto e testato un programma che risolve l'equazione di Wigner. L'algoritmo utilizzato è una semplice generalizzazione della versione Fourier-Fourier dello splitting scheme (Klimas e Farrell). Il programma è stato testato su alcuni semplici sistemi quantistici, quali la trasmissione e la riflessione di un insieme di particelle da una barriera di potenziale di altezza ed ampiezza variabili. Il codice è stato impiegato sia nel regime fortemente quantistico, dove dominano gli effetti di interferenza, sia in quello debolmente quantistico, più vicino a quello classico.

Attualmente si ha anche in corso uno studio per la soluzione numerica del sistema Wigner-Poisson tenendo conto delle collisioni con i fononi. In questo campo si procede su due direzioni: la prima si basa su modelli di collisione con il metodo dei Wigner path dovuto a C.Jacoboni ed ai suoi coautori, la seconda si basa sui metodi approssimati che riadattano i modelli di rilassamento, metodi questi utilizzati nella letteratura microelettronica dei circuiti equivalenti.

MODELLI CINETICI PER COAGULAZIONE DI POLVERI E PLASMI

Questa parte della ricerca riguarda lo studio fisico-matematico di modelli di tipo cinetico non-lineari con termini di coagulazione e/o scambio di cariche [12],[13]. Le motivazioni applicative di tale ricerca provengono soprattutto dall'astrofisica e in particolare dallo studio del mezzo interstellare, in cui sono di notevole interesse modelli di plasmi rarefatti di elettroni, ioni e polveri. Per questo motivo la ricerca è svolta in collaborazione con ricercatori del Gruppo Nazionale per la Fisica Cosmica del CNR di Firenze.

In particolare, si è considerato un modello per una distribuzione "bimodale" di masse, ovvero in cui sono presenti due specie di polveri le cui masse tipiche differiscono per alcuni ordini di grandezza. Le particelle "piccole" sono scatterate o catturate dalle "grandi" secondo un parametro che dipende dalle masse e dalle velocità relative. Di tale modello sono stati discussi la buona posizione e il comportamento asintotico, ricavando, tra l'altro, un valore per il tasso di estinzione delle particelle piccole in buon accordo con i dati sperimentali.

Un altro modello considerato è stato quello di un "plasma polveroso", in cui elettroni e ioni urtano e coagulano con grani di polvere caricandoli per quantità discrete. Tutto il sistema è inoltre sotto l'azione di un campo elettrostatico esterno. Il modello matematico consiste in un sistema integro-differenziale non-lineare di un'infinita numerabile di equazioni cinetiche per le densità di elettroni e per le infinite densità dei granelli di

polvere portanti cariche elettroniche. La buona posizione e il comportamento asintotico sono stati studiati con successo in una versione unidimensionale "a parametri concentrati". Lo studio del modello completo tridimensionale è tuttora in corso.

TEORIA DEI SEMIGRUPPI, PROBLEMI DI ESISTENZA ED UNICITA', E PROBLEMI INVERSI IN TEORIA DEL TRASPORTO.

Nel corso del 2000 si è iniziato lo studio di alcuni problemi inversi in teoria del trasporto. In particolare si è cercato di applicare le tecniche utilizzate nel corso degli ultimi anni per studiare problemi di trasporto radiativo allo scopo di determinare soluzioni di problemi inversi nell'ambito astrofisico della fisica del mezzo interstellare. Un problema da noi analizzato consiste nel ricavare le abbondanze relative di due specie di polveri presenti in una nube interstellare (note le loro caratteristiche fisiche) a partire dalla misura del flusso di radiazione, per due diverse frequenze, proveniente da una sorgente stellare posta dietro la nube. Sono state ricavate condizioni sufficienti affinché tale problema sia ben posto. La ricerca è effettuata in collaborazione con il Prof. Aldo Belloni-Morante (Univ. di Firenze) e con la Dott.ssa Federica Dragoni (SNS-Pisa). Un articolo contenente i primi risultati della ricerca è in via di stesura.

Sempre nel campo del trasporto in ambito astrofisico, si sono determinate le dimensioni di una nube interstellare e il coefficiente di interazione totale, conoscendo la densità di fotoni presenti nella nube stessa. Il modello adottato, in una prima fase unidimensionale, si basa sull'equazione di Boltzmann lineare per i fotoni e si utilizza un'approssimazione quasi-statica della soluzione allo scopo di risolvere il problema inverso [21]. Si prevede inoltre di raffinare il procedimento di determinazione delle approssimazioni usate per risolvere il problema inverso in modo da migliorare anche numericamente i risultati.

Nell'ambito dello studio sulle relazioni tra possibile reversibilità nei processi di trasporto, condizioni al contorno, e proprietà spettrali dell'operatore di streaming è stato studiato lo spettro dell'operatore di streaming nel caso di slab infinito o semi-infinito. In entrambi i casi lo spettro è risultato essere residuo e solo sull'asse immaginario. Sono state indagate le proprietà di generazione di semigruppato dell'operatore di streaming che a causa della mancanza delle condizioni al contorno risulta generare un gruppo. Per quanto riguarda lo studio di problemi di trasporto si è studiata la relazione fra i vari approcci che vengono usati per determinare le soluzioni (semigruppato fortemente continui, semigruppato integrati, C-semigruppato, semigruppato B-limitati) in relazione con i diversi tipi di condizioni al contorno.

Un altro tema di ricerca ha riguardato la generazione del semigruppato di evoluzione in caso di generatori dati dalla somma di operatori non limitati.

In un lavoro in collaborazione con J.Banasiak e F.Mugelli [4], si è rivisitato il problema per l'esistenza di soluzioni per l'equazione di Boltzmann lineare per gli elettroni in un semiconduttore, dove l'interazione elettroni-fononi è modellata da un operatore non limitato con termini di tipo delta. L'analisi del problema con tecniche di semigruppato di operatori richiede alcune attenzioni dovute alla presenza di perturbazioni non limitate. L'esistenza è ottenuta tramite la teoria dei semigruppato substocastici, con una generalizzazione del teorema di Kato-Voigt dovuta a L.Arlotti ed a J.Banasiak. Nel lavoro si ottiene inoltre una caratterizzazione del generatore del semigruppato.

In un successivo lavoro [20] si è considerato il problema astratto di evoluzione caratterizzato dalla somma di due operatori lineari non limitati A e B nell'ipotesi che A generi semigruppato. Si sono studiate le relazioni tra il generatore G del semigruppato e la chiusura dell'operatore A+B. Il risultato si basa sull'analisi spettrale di un operatore tipo risolvente. Varie situazioni si presentano a seconda che il valore 1 sia nel risolvente, nello spettro continuo o nello spettro residuo di tale operatore. Questa ricerca è stata svolta in collaborazione con C. van der Mee (Univ. di Cagliari).

Il numero delle pubblicazioni citate si riferisce alla lista che si trova nella sez.10 (Prodotti della Ricerca eseguita).

Una lista completa dei lavori dei componenti il gruppo di ricerca si può trovare in www.dma.unifi.it/~frosali/cofin00/biblio/

9. Pubblicazioni del responsabile

n°	Pubblicazione
1.	BANASIAK J.; FROSALI G.; SPIGA G. (2002). <i>Interplay of elastic and inelastic scattering operators in extended kinetic models and their hydrodynamic limits - reference manual</i> TRANSPORT THEORY & STATISTICAL PHYSICS. (vol. 31(3) pp. 187-248)
2.	BORGIOLO G.; FROSALI G.; ZWEIFEL P.F. (2002). <i>Wigner approach to the two-band Kane model for a tunneling diode</i> TRANSPORT THEORY STATIST. PHYSICS. (to appear).

dei partecipanti

1. Banasiak J, Barletti L.; 2001; On the existence of propagators in stationary Wigner equation without velocity

cutoff.; Rivista: Transport Theory Stat. Phys.; Volume: 30(7); pp.: 659-672

2. Demeio L., Barletti L. et al.; 2002; Wigner-function approach for multiband transport in semiconductors; Rivista: Physica B; Volume: 314; pp.: 104-107

10. Prodotti della Ricerca eseguita

Il prodotto della ricerca ha portato alla pubblicazione di 42 lavori, di cui si riportano i più importanti nel periodo 2000/02

(per la lista completa vedi www.dma.unifi.it/~frosali/cofin00/biblio/).

1. J.Banasiak, G.Frosali and G.Spiga, Inelastic scattering models in transport theory and their small mean free path analysis, Math. Methods Appl. Sci.23,121(2000)
2. J.Banasiak, L.Barletti, On the existence of propagators in stationary Wigner equation without velocity cut-off Transport Theory Stat. Phys. 30,659(2001)
3. J.Banasiak, G.Frosali and G.Spiga, Interplay of elastic and inelastic scattering operators in extended kinetic models and their hydrodynamic limits-reference manual, Transport Theory Stat. Phys. 31,187(2002)
4. J.Banasiak, G.Frosali and F.Mugelli, Space homogeneous solutions of the linear Boltzmann equation for semiconductors: a semigroup approach, Proc. WASCOM01, World Scientific, Singapore 2001
5. L.Barletti, A mathematical introduction to the Wigner formulation of quantum mechanics, Boll. Un.Mat.Ital. B (in stampa)
6. L. Barletti, On the thermal equilibrium of a quantum system described by a two-band Kane Hamiltonian, preprint.
7. L.Barletti, G.Borgioli, M.Camprini, A.Cidronali e G.Frosali, Tunneling current in resonant interband tunneling diode (RITD), Proc.SIMAI2000
8. L.Barletti, C.Cecchi-Pestellini, A.Belleni-Morante and S.Aiello. Radiative transfer in the stochastic universe. II-The method of projections. New Astronomy, 6,165(2001)
9. L.Barletti, P.F.Zweifel, Parity-decomposition method for the stationary Wigner equation with inflow boundary conditions. Transport Theory Stat. Phys. 30,507(2001)
10. G.Borgioli, M.Camprini, Schrodinger-like model for interband tunneling in heterogeneous semiconductor devices: a current estimate, Proc. WASCOM01, World Scientific, Singapore 2001
11. G.Borgioli, G.Frosali, P.F.Zweifel, Wigner approach to the two-band Kane model for a tunneling diode, Transport Theory Stat. Phys.(2001)(in print)
12. G. Busoni, L. Barletti, A kinetic model of a dusty plasma with discrete charges, Transport Theory Stat. Phys. 32(2003) (in print)
13. Cecchi-Pestellini, L.Barletti, A.Belleni-Morante, S.Aiello, A kinetic model for dust coagulation. J.Quant.Spectr.Radiat.Transfer 70,1(2001)
14. L. Demeio, Perturbative approach to Quantum BGK Modes, Proc. SIMAI2002
15. L.Demeio and G.Frosali, Theoretical and numerical comparison of hydrodynamics limits for kinetic equations with elastic and inelastic scattering, Proc. WASCOM99, World Scientific, Singapore, 2001, p.146
16. L.Demeio, L.Barletti, A.Bertoni, P.Bordone and C.Jacoboni, Wigner-function approach to multiband transport in semiconductors, Physica B 314,104(2002).
17. L.Demeio, L.Barletti, P.Bordone and C.Jacoboni, Wigner function for multiband transport in semiconductors, Transport Theory Stat. Phys.(2001) (in print).
18. L. Demeio, P. Bordone and C. Jacoboni, Numerical and analytical applications of multiband transport in semiconductors, Proc. XXIII Symp. on Rar. Gas Dynamics, Whistler, Canada, 2002.
19. L.Demeio and G.Frosali, Diffusion limits of the linear Boltzmann equation in extended kinetic theory: weak and strong inelastic collisions, Rend. Sem.Univ. Milano 69,51(1999-2000)
20. G.Frosali, C.van der Mee, F.Mugelli, A characterization theorem for the evolution semigroup generated by the sum of two operators, Math. Methods Appl. Sci. (in print)
21. M.Lisi S.Totaro, Inverse problems related to photon transport in an interstellar cloud, Transp. Theor. Stat. Phys. (in print)
22. S. Mancini, S.Totaro, Vlasov equation with non-homogeneous boundary conditions, Math.Meth.Appl.Sci. 23,601(2000)
23. S. Mancini, S. Totaro, Study of a transport operator with unbounded coefficients, Adv. Math.Sci. Appl. 12,377(2002)
24. Special Issue Devoted to the Proc. of the Int. Conf. on Models and Num. Meth. in Transport Theory and in Math. Phys. of Transport Theory Statist. Phys. 29(1-2),(2000). Guest Ed.s: G.Frosali, G.Spiga

11. Componenti dell'Unità di ricerca che hanno effettivamente partecipato alla ricerca

Personale docente

n°	Cognome	Nome	Qualifica	Facoltà	Dipartimento/Istituto Università	mesi uomo dal modello	mesi uomo effettiv. impegnati	Nota

					I anno	II anno	I anno	II anno	
1.	BARLETTI	Luigi	Ricercatore	Facolta' di SCIENZE MATEMATICHE FISICHE e NATURALI	Dip. MATEMATICA Univ. FIRENZE	11	11	11	11
2.	BORGIOI	Giovanni	Prof. Associato	Facolta' di INGEGNERIA	Dip. ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI Univ. FIRENZE	11	11	11	11
3.	BUSONI	Giorgio	Prof. Ordinario	Facolta' di SCIENZE MATEMATICHE FISICHE e NATURALI	Dip. MATEMATICA Univ. FIRENZE	11	11	11	11
4.	DEMEIO	Lucio	Ricercatore	Facolta' di INGEGNERIA	Dip. MATEMATICA Univ. ANCONA	11	11	11	11
5.	FROSALI	Giovanni	Prof. Ordinario	Facolta' di INGEGNERIA	Dip. MATEMATICA APPLICATA Univ. FIRENZE	11	11	11	11
6.	MATUCCI	Serena	Ricercatore	Facolta' di INGEGNERIA	Dip. ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI Univ. FIRENZE	11	5	11	5
7.	TOTARO	Silvia	Prof. Ordinario	Facolta' di SCIENZE MATEMATICHE FISICHE e NATURALI	Dip. MATEMATICA Univ. SIENA	11	11	11	11

altro personale

n°	Cognome	Nome	Qualifica	Facoltà	Dipartimento/Istituto Università/Ente	mesi uomo effettiv. impegnati		Nota
						I anno	II anno	
1.	MANCINI	Simona	PostDottorato	SCIENZE MATEMATICHE FISICHE e NATURALI	FIRENZE	5	1	La Dott.ssa si e' trasferita all'estero

personale a contratto

n°	Cognome	Nome	Qualifica	Tipologia di contratto	Inizio del contratto	Durata del contratto in mesi	Costo in Euro	mesi uomo		Nota
								I anno	II anno	
1.	MUGELLI	FRANCESCO	Dottore di Ricerca	Assegno di Ricerca	01/03/2002	10	6.197 (11.998.993 Lire)		10	L'assegno e' cofinanziato dall'Univ.di Firenze, fino a coprire l'intera durata del contratto.
							6.197 (11.998.993 Lire)			

12. Note relative ai componenti (punto 11)

I componenti, come personale docente, non sono variati rispetto al Modello B a suo tempo presentato. Nel corso del 2002 e' stato finanziato, una quota parte per 12 milioni, un assegno di ricerca per il Dott. Francesco Mugelli, per un periodo di 10 mesi. Il dott. Mugelli ha collaborato alla ricerca come risulta dalla Descrizione della Ricerca e dei Risultati ottenuti.

13. Risorse umane complessivamente ed effettivamente impegnate

	(mesi uomo)		TOTALE
	I anno	II anno	
da personale universitario	77	71	148
altro personale	5	1	6

personale a contratto 0 10 10

14. Dati complessivi relativi al programma

	(numero)
partecipazioni a convegni:	
in Italia	9
all'estero	6
articoli pertinenti pubblicati:	
su riviste italiane con referee	3
su riviste straniere con referee	21
su altre riviste italiane	1
su altre riviste straniere	
comunicazioni a convegni/congressi internazionali	6
comunicazioni a convegni/congressi nazionali	5
rapporti interni	6
brevetti depositati	

Tabella riassuntiva sulla ripartizione delle spese

Voce di spesa	Spese indicate nel modello	Spese rimodulate
Materiale inventariabile	12.000.000 (6.197 Euro)	15.821.858 (8.171 Euro)
Grandi Attrezzature		0 (0 Euro)
Materiale di consumo	6.000.000 (3.099 Euro)	1.367.519 (706 Euro)
Spese per calcolo ed elaborazione dati	2.000.000 (1.033 Euro)	0 (0 Euro)
personale a contratto	12.000.000 (6.197 Euro)	12.000.000 (6.197 Euro)
Servizi esterni	5.000.000 (2.582 Euro)	4.953.939 (2.558 Euro)
Missioni	18.000.000 (9.296 Euro)	21.032.680 (10.862 Euro)
Altro	5.000.000 (2.582 Euro)	4.824.004 (2.491 Euro)
TOTALE	60.000.000 (30.987 Euro)	60.000.000 (30.987 Euro)

15. Tabella delle spese sostenute

Voce di spesa	Spese indicate nel modello / spese rimodulate	Pagato		Residuo da saldare (già fatturato)	Totale spese sostenute	Descrizione (elementi contabili a giustificazioni)
		I anno	II anno			
Materiale inventariabile	15.821.858 (8.171 Euro)	5.954 (11.528.482 Lire)	2.217 (4.292.685 Lire)		8.171 (15.821.167 Lire)	L.10000000 - parte del Mand.N 2001/22 del 26.1.2001 Libri Biblioteca Scienze; L.1096431 - fatt.30716- 11/12/0 LicosaSpa; L.248000 - fatt. 9333-2/4/01 LicosaSpa; L.184620 - fatt.26764-29/10/01 LicosaSpa; E.844,97 fatt.

						8403,6585,6062-12/4/02, 27/3/02, 21/3/02 LicosaSpa E.1372,08 fatt. 172-24/7/02 Cafaggioli Computer
Grandi Attrezzature	0 (0 Euro)				0 (0 Lire)	
Materiale di consumo	1.367.519 (706 Euro)	46 (89.068 Lire)	660 (1.277.931 Lire)		706 (1.366.998 Lire)	E.202,03- fatt. 4186/a,4958/a-31/10/01, 11/12/01 FraelPoint; E.93,60 - fatt. 16103-10/10/02 MagnaCharta; E.43,20 fatt. 4112/b - 3/10/02 EsssediShoptaliaSRL; E.223,18 fatt.1170/d-31/10/02 LisiBrunello; E.54,38 fatt.2305-14/11/02 LisiBrunello; Altre spese per E.89,61 sono relative a cancelleria, spese post, ecc. di piccola entita' i cui dati sono reperibili presso il Dip. di Mat. A "G.Sansone"
Spese per calcolo ed elaborazione dati	0 (0 Euro)				0 (0 Lire)	
personale a contratto	12.000.000 (6.197 Euro)	0 (0 Lire)	6.197 (11.998.993 Lire)		6.197 (11.998.993 Lire)	Quota per assegno di ricerca del Dott. Francesco Mugelli.
Servizi esterni	4.953.939 (2.558 Euro)	1.471 (2.848.236 Lire)	1.087 (2.104.713 Lire)		2.558 (4.952.949 Lire)	Seminari di visitatori e collaboratori scientifici.
Missioni	21.032.680 (10.862 Euro)	9.691 (18.764.280 Lire)	1.171 (2.267.359 Lire)		10.862 (21.031.638 Lire)	L.6948172 mand. 2001/9-11-33-134-147-179-262 del 7-9-26/2/01,6-18/06/01, 26/12/10/01, 14/11/01 e E.767,44 mand. 2002/236-293, 2/10/02, 21/11/02 Miss. a PI, PI BO, PortoErcole, Londra, PR, Montecatini, AN, SestriL. di G. Frosali. L.22155 mand. 2001/32,del 26/02/01 Miss. di G.Borgioli. L.6292426 mand. 2001/146-174 del 18/06-23/07/01 miss. a PortoErcole e Londra di S. Totaro. L.1482476 mand. 2001/176, del 24/07/01 miss. Londra di L.Barl... L 1458720 mand. 2001/182, del 26/7/01 NovaSascoViaggi. L.2560700 mand. 2001/208, 8/8/01 miss. Londra di L.Demeio. E.403,90 mand. 2002/294 21/11/02 miss SestriL. di G. Busoni.
Altro	4.824.004 (2.491 Euro)	435 (842.272 Lire)	2.056 (3.980.947 Lire)		2.491 (4.823.220 Lire)	Iscrizioni a congresso, fatture per pernottamento di visitatori, spese per telefono, ecc. I dati sono tutti reperibili presso il Dipartimento di Mat. A
Impegnato * limitatamente a Pubblicazioni, Convegni e Congressi per presentazione dei risultati						

TOTALE	60.000.000 (30.987 Euro)	17.597 (34.072.339 Lire)	13.388 (25.922.627 Lire)	0 (0 Lire)	30.985 (59.994.966 Lire)
---------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	----------------------	------------------------------------

Si ricorda che ogni variazione rispetto al Programma Iniziale sulla composizione delle Unità Operative e sulla diversa utilizzazione dei Fondi, doveva essere comunicata al Dipartimento Affari Economici come da Delibera adottata dalla Commissione dei Garanti - 2.12.1999 e 28.11.2000 che annullano le precedenti disposizioni.

Descrizione dettagliata della cifra impegnata.

Voce di spesa	Impegnato	Estremi dell'impegno		Descrizione
		Data	Protocollo	
Pubblicazione dei risultati della ricerca				
Convegni e congressi per la presentazione dei risultati della ricerca				
TOTALE	0 (0 Lire)			

Per ogni cifra impegnata ci deve essere una descrizione di almeno 100 caratteri

Si ricorda che le cifre impegnate dovranno essere spese e rendicontate entro SETTEMBRE 2003

Totale spese sostenute

	(in Euro)
Totale finanziamento assegnato	30.987 (59.998.838 Lire)
Pagato	30.985 (59.994.966 Lire)
Residuo da saldare	0 (0 Lire)
Impegnato	0 (0 Lire)
Totale spese sostenute	30.985 (59.994.966 Lire)
Residuo	2 (3.873 Lire)

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

Data 14/01/2003 13:46

Firma