

MINISTERO DELL'ISTRUZIONE
DELL'UNIVERSITÀ
E DELLA RICERCA **Programmi di ricerca cofinanziati - Modello C**
Rendiconto di unità di ricerca - ANNO 2006
prot. 2006012132_004

1. Area Scientifico Disciplinare principale	<i>01: Scienze matematiche e informatiche</i>
2. Coordinatore Scientifico del programma di ricerca	<i>TOSCANI Giuseppe</i>
- Università	<i>Università degli Studi di PAVIA</i>
- Facoltà	<i>Facoltà di SCIENZE MATEMATICHE FISICHE e NATURALI</i>
- Dipartimento/Istituto	<i>Dip. MATEMATICA 'FELICE CASORATI'</i>
3. Titolo del programma di ricerca	<i>Equazioni cinetiche e idrodinamiche di sistemi collisionali complessi</i>
<hr/>	
4. Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca	<i>FROSALI Giovanni</i>
- Università	<i>Università degli Studi di FIRENZE</i>
- Facoltà	<i>Facoltà di INGEGNERIA</i>
- Dipartimento/Istituto	<i>MATEMATICA APPLICATA</i>
5. TITOLO del programma dell'unità di ricerca	<i>Modelli matematici per dispositivi a semiconduttore, metodi matematici in teorie cinetiche ed applicazioni</i>
6. SETTORE principale dell'unità di ricerca:	<i>MAT/07</i>
7. Finanziamenti assegnati all'unità di ricerca:	
- Quota Ateneo	<i>5.614 Euro</i>
- Quota MIUR	<i>13.100 Euro</i>
- Finanziamento totale	<i>18.714 Euro</i>

8. Descrizione della Ricerca eseguita e dei risultati ottenuti

1. Modelli multibanda per i dispositivi a semiconduttore

La nostra ricerca si è sviluppata su diversi aspetti della modellistica dei dispositivi a semiconduttore sia a singola banda che multi banda.

1.1 Modelli cinetici e diffusivi quantistici multibanda.

Si è studiata la derivazione di equazioni di tipo diffusivo a partire da equazioni cinetiche quantistiche a due bande. Lo studio prende avvio dalla cosiddetta Hamiltoniana di Kane che descrive approssimativamente la dinamica di elettroni e lacune in un cristallo semiconduttore. Scritte le equazioni cinetiche quantistiche di Wigner per tale sistema, si sono applicati uno sviluppo di Chapman-Enskog ed un'approssimazione semiclassica per derivare equazioni di tipo drift-diffusion o di tipo energy-transport con correzioni quantistiche per le popolazioni delle due bande. Tali equazioni sono state poi utilizzate anche per modellizzare la dinamica di elettroni in un super-reticolo unidimensionale con effetti non-lineari di campo medio, individuando interessanti effetti di auto-oscillazione della corrente.

1.2 Modelli cinetici e diffusivi di dispositivi spintronici.

Con tecniche del tipo descritto al punto precedente si è dedotto un modello diffusivo per un sistema quantistico con Hamiltoniana spin-orbita di tipo Rashba. Tale sistema è di notevole importanza fra le realizzazioni di dispositivi "spintronici". Le equazioni diffusive descrivono l'evoluzione delle densità macroscopiche di elettroni con spin up e down in risposta all'applicazione di campi esterni (gate voltage) e contengono correzioni quantistiche fino al secondo ordine rispetto alla costante di Planck riscalata.

1.3 Equazioni idrodinamiche quantistiche per sistemi di fermioni.

Si è iniziato uno studio riguardante la derivazione di equazioni cinetiche e idrodinamiche quantistiche per un sistema di fermioni, ovvero con meccanismi di rilassamento verso un equilibrio termodinamico locale di tipo Fermi-Dirac. Si è anche iniziato a investigare la possibilità di derivare la forma di tale equilibrio locale da un opportuno principio di minima entropia.

1.4 Decoerenza in dispositivi nanometrici

E' stato svolto uno studio teorico sulla dinamica degli elettroni in un sistema nanometrico, dove la decoerenza degli elettroni è mantenuta in una piccola regione. Infatti, i processi di interferenza fra le funzioni d'onda dei portatori ed il profilo del potenziale interno sono influenzati dalla presenza dei contatti. Il problema è stato analizzato facendo uso del formalismo della funzione di Wigner. E' stato messo in evidenza che per certi dispositivi, le proprietà di trasporto, come il tunneling fra le barriere di potenziale, sono significativamente influenzate dalla distanza fra i contatti.

2. Studio asintotico di equazioni cinetiche

2.1 Studio asintotico di equazioni cinetiche quantistiche (Wigner equation)

Si è proseguito lo studio asintotico dell'equazione di Wigner modificata da un termine collisionale di rilassamento all'equilibrio termodinamico. Si è considerato la funzione di equilibrio corretta al secondo ordine nella costante di Planck, derivata da Wigner nel 1932. Il modello che è stato studiato riguarda il caso in cui l'azione del potenziale è comparabile con l'interazione con l'ambiente (caso di campo applicato forte). Si è usata la tecnica del metodo di Chapman-Enskog compresso per ottenere un'equazione di deriva-diffusione quantistica corretta al secondo ordine nel numero di Knudsen. Il metodo di Chapman-Enskog compresso consente di decomporre la soluzione in una parte idrodinamica ed una cinetica, che permette di portare avanti un'analisi rigorosa con la teoria dei semigrupp.

In questo modo è stato possibile studiare efficacemente anche l'intervallo iniziale, che viene comunemente evitato nell'analisi asintotica.

2.2 Propagazione non-lineare in fibra ottica.

Si è avviata una collaborazione col CNIT di Pisa per lo studio della propagazione non-lineare di segnali luminosi in fibra ottica, descritta da un'equazione di Schroedinger non-lineare. Il nostro contributo consiste nel derivare e studiare equazioni efficaci per le quantità statistiche che descrivono la propagazione di un rumore che si presenta come gaussiano e bianco alla sorgente.

3. Problemi in teoria cinetica

3.1 Nell'ambito della teoria del trasporto si è proseguito lo studio di problemi inversi in ambito astrofisico.

Con riferimento allo studio della variazione della dimensione di una nube interstellare in espansione o in contrazione, è stata analizzata la localizzazione di una

sorgente di fotoni (una stella) all'interno di una nube, lavorando con tecniche di analisi proprie degli spazi localmente convessi. Sempre nel contesto della teoria del trasporto, si è studiato lo spettro dell'operatore di "free-streaming" in tre dimensioni, con vari tipi di condizioni al contorno.

3.2 L'attività di ricerca ha riguardato anche problemi di biomatematica.

Il metodo di Chapman-Enskog, tipico della teoria cinetica, è stato applicato a problemi in ambito biomatematico. In particolare, si è studiato il comportamento asintotico di un modello di interazione luce-alghe. Si sono affrontate le problematiche di modelli epidemiologici, per esempio MSEIR (dei quali è stata studiata anche la stabilità), e di popolazioni strutturate per età, come il caso di alcuni invertebrati marini (balani), la cui evoluzione prevede un'equazione per gli adulti, accoppiata, grazie alle condizioni al contorno, con una per le larve (si è studiata la soluzione mild, usando uno spazio funzionale con metrica costruita ad hoc). Inoltre, si è affrontato lo studio di un modello matematico in ambito ecologico, analizzando l'impatto che l'edificato ha sul verde attraverso la cosiddetta bioenergia, compiendo un'analisi approfondita della stabilità e delle possibili biforcazioni originatesi. Attraverso una simulazione dei risultati ottenuti, abbiamo potuto fare un confronto con alcuni dati rilevati statisticamente in un distretto di Cremona.

4. Analisi della funzione di Wigner.

E' stata sviluppata un'analisi della funzione di Wigner per particelle identiche; in particolare sono state considerate le seguenti quattro situazioni:

- i. Un processo di scattering fra due particelle indistinguibili descritto da pacchetti d'onda allo scopo di mostrare gli effetti di scambio e di correlazione.
- ii. Un insieme in equilibrio di N particelle in una scatola unidimensionale con un potenziale armonico unidimensionale provando che la funzione di Wigner ad una particella, come una funzione dell'energia nello spazio delle fasi di Wigner, tende alla distribuzione di Fermi-Dirac o di Bose-Einstein.
- iii. L'equazione del trasporto ad una particella per la funzione di Wigner, nel caso di particelle interagenti, provando la necessità della funzione di Wigner per due particelle nell'ambito dello schema della gerarchia BBGKY.
- iv. Interazione elettrone-fonone nel caso di due particelle mostrando una co-partecipazione dei due elettroni nell'interazione con il bagno fononico.

Relativamente ai risultati ottenuti, si riporta la lista delle pubblicazioni dei partecipanti alla ricerca negli anni 2006-2008:

PUBBLICAZIONI anni 2006/2008

- [1] G. Ali, G. Frosali, O. Morandi, Two-band quantum hydrodynamic models arising from the Bloch envelope theory, In A.M. Anile, G. Ali, G. Mascali (Eds.), "Proceedings 5th International Workshop Scientific Computing in Electrical Engineering SCCE2004, "Scientific Computing in Electrical Engineering", Mathematics in Industry, Vol. 9, Springer, 2006, pp. 271-276
- [2] A. Arnold, E. Dhomo, C. Manzini, Dispersive effects in quantum kinetic equations, *Indiana Univ. Math. J.* 56(3), 1299-1331 (2007)
- [3] A. Arnold, E. Dhomo, C. Manzini, The Wigner-Poisson-Fokker-Planck problem: global-in-time solutions and dispersive effects, *Annales de l'IHP-Analyse nonlineaire* 24(4), 645-676 (2007)
- [4] L. Barletti, A. Belleni-Morante, R. Monaco, Kinetic models for dust coagulation in interstellar clouds, *Academia Sinica (New Series)*, 2(2), 235-249 (2007).
- [5] L. Barletti, L. Demeio, G. Frosali, Multiband quantum transport models for semiconductor devices. In C. Cercignani and E. Gabetta (Eds.), "Transport Phenomena and Kinetic Theory", Modeling and Simulation in Science, Engineering and Technology, Birkhäuser, Boston, 2007, pp. 55-89
- [6] N. Ben Abdallah, L. Barletti, Quantum transport in crystals: effective-mass theorem and k-p Hamiltonians, 2006 (preprint)
- [7] N. Ben Abdallah, G. Frosali (Editors), Quantum Transport: Modelling, Analysis and Asymptotics, Lectures given at the C.I.M.E. Summer School held in Cetraro, Italy September 11-16, 2006 Lecture Notes in Mathematics 1946, (2008).
- [8] L. L. Bonilla, L. Barletti, M. Alvaro, Nonlinear electron and spin transport in semiconductor superlattices, *SIAM J. Appl. Math.* 69(2), 494-513 (2008).
- [9] L. L. Bonilla, L. Barletti, R. Escobedo, M. Alvaro, Nonlinear electronic transport in semiconductor superlattices. In *Applied and Industrial Mathematics in Italy II*, editors V. Cutello, G. Fotia and L. Puccio, World Scientific, Singapore, 2007
- [10] P. Bordone, A. Bertoni, "Simulation of entanglement creation for carrier-impurity scattering in a 2D system" in *Nonequilibrium Carrier Dynamics in Semiconductors*, M. Saraniti and U. Ravaioli, eds., Proceedings of the 14th International Conference, July 25-29, 2005, Chicago, USA, pp.19-22, Springer Proceedings in Physics, vol. 110 (2006).
- [11] G. Borgioli, G. Frosali and C. Manzini, Quantum high-field corrections to a drift-collision balance model of semiconductor transport, *Transport Theory Statist. Phys.*, 37(5), 381-411 (2008) DOI: 10.1080/00411450802526293 - <http://dx.doi.org/10.1080/00411450802526293>
- [12] G. Borgioli, G. Frosali and C. Manzini, Hydrodynamic models for a two-band nonzero-temperature quantum fluid, "Proceedings WASCOM2005 - 13th Conference on Waves and Stability in Continuous Media," World Scientific, Singapore, 2006, pp. 53-58
- [13] G. Borgioli, G. Frosali and C. Manzini, Derivation of a quantum hydrodynamic model in the high-field case. In N. Manganaro et al. (Eds.), "Proceedings WASCOM2007 - 14th Conference on Waves and Stability in Continuous Media," World Scientific, Singapore, 2008, pp. 60-65
- [14] F. Buscemi, P. Bordone, and A. Bertoni, Linear entropy as an entanglement measure in two-fermion systems, *Phys. Rev. A* 75, 032301 (2007).
- [15] F. Buscemi, P. Bordone, A. Bertoni, Simulation of the entanglement creation for identical particles scattering in a 2D system, *J. Comput. Electron.* 6, 89-92 (2007).
- [16] F. Buscemi, P. Bordone, A. Bertoni, Entanglement creation for two-electron scattering in a 2D system, *Optics and Spectroscopy* 103, 47-51 (2007).
- [17] F. Buscemi, P. Bordone, A. Bertoni, Carrier-carrier entanglement and transport resonances in semiconductor quantum dots, *Phys. Rev. B* 76, 195317 (2007).
- [18] F. Buscemi, P. Bordone, and A. Bertoni, Entanglement dynamics of electron-electron scattering in low-dimensional semiconductor systems, *Phys. Rev. A* 73, 052312 (2006). Selected for the June 5, 2006 issue of *Virtual Journal of Nanoscale Science and Technology*, and for the June 2006 issue of *Virtual Journal of Quantum Information*.
- [19] F. Buscemi, P. Bordone, A. Bertoni, Simulation of decoherence in 1D systems, a comparison between distinguishable- and indistinguishable-particle collisions, *Phys. Stat. Sol. (c)* 5(1), 139-142 (2008).
- [20] F. Buscemi, P. Bordone, A. Bertoni, Effects of scattering resonances on carrier-carrier entanglement in charged quantum dots, *J. Comput. Electron.* 7, 263-267 (2008).
- [21] F. Buscemi, E. Cancellieri, P. Bordone, A. Bertoni, and C. Jacoboni, Electron decoherence in a semiconductor due to electron-phonon scattering, *Phys. Stat. Sol. (c)* 5, No.1, 52-55 (2008).
- [22] E. Cancellieri, P. Bordone, C. Jacoboni, The Effect of Symmetry in the Many-Particle Wigner Function, *Phys. Rev. B* 76, 214301 (2007).
- [23] E. Cancellieri, P. Bordone, and C. Jacoboni, "Exchange effects in the Wigner-function approach" in *Nonequilibrium Carrier Dynamics in Semiconductors*, M. Saraniti and U. Ravaioli, eds., Proceedings of the 14th International Conference, July 25-29, 2005, Chicago, USA, pp.167-170, Springer Proceedings in Physics, vol. 110 (2006).
- [24] E. Cancellieri, M. Rosini, P. Bordone, and C. Jacoboni, "Roughness effect on electron transport through quantum wires", *phys. stat. sol. (c)* 5(1), 127-130 (2008).
- [25] L. Demeio, Quantum Corrections to Classical BGK Modes in Phase Space, *Transport Theory and Stat. Phys.* 36(1-3) 137-158 (2007)
- [26] L. Demeio, P. Bordone, C. Jacoboni, Multi-band, non-parabolic Wigner-function approach to electron transport in semiconductors, *Transport Theory Stat. Phys.* (to appear)
- [27] L. Demeio and S. Lenci, Forced nonlinear oscillations of semi-infinite cables and beams resting on a unilateral elastic substrate, *Nonlinear Dynamics* 49(1-2), 203-215 (2007) (Proceedings of the 11th Conference on Nonlinear Vibrations, Stability and Dynamics of Structures, Blacksburg, VA (USA), August 2006).
- [28] L. Demeio and S. Lenci, Asymptotic analysis of chattering oscillations for an impacting inverted pendulum, *The Quarterly Journal of Mechanics and Applied Mathematics*, 59, 419-434 (2006)
- [29] L. Demeio and S. Lenci, Second-order solutions for the dynamics of a semi-infinite cable on a unilateral substrate, *Journal of Sound and Vibration, Special issue for the Proc. of the Euromech Colloquium 403, Geometrically Nonlinear Vibrations of Structures, Porto (Portugal), July 9-11, 2007*
- [30] G. Ferrari, P. Bordone, C. Jacoboni, Electron dynamics inside short-coherence systems, *Phys. Lett. A* 356, 371-375 (2006).
- [31] G. Ferrari, E. Cancellieri, P. Bordone, and C. Jacoboni, "Quantum phonon-limited high-field electron transport in semiconductors" in *Nonequilibrium Carrier Dynamics in Semiconductors*, M. Saraniti and U. Ravaioli, Eds., Proceedings of the 14th International Conference, July 25-29, 2005, Chicago, USA, pp.301-304, Springer Proceedings in Physics, vol. 110 (2006).
- [32] G. Frosali and C. Manzini, Corrected quantum drift-diffusion equation via compressed Chapman-Enskog expansion, *Communications to SIMAI Congress, ISSN 1827-9015, Vol.1 (2006) DOI: 10.1685/CSC06085*
- [33] G. Frosali and O. Morandi, A quantum kinetic approach for modeling a two-band resonant tunneling diode, *Transport Theory Statist. Physics* 36, 159-177 (2007) ISSN: 0041-1450 print/1532-2424 online, DOI: 10.1080/00411450701456907
- [34] G. Lauro, M. Lisi, R. Monaco, "Bifurcation analysis of a model for the evolution of bioenergy", submitted to *Landscape Ecology*.
- [35] S. Lenci, L. Demeio and M. Petrini, Some aspects of the non-smooth dynamics of an impacting inverted pendulum, *Proceedings 5th Euromech Nonlinear Dynamics Conference, ENOC-2005, Eindhoven, The Netherlands, August 7-12 2005 (submitted)*.
- [36] M. Lisi, Problemi inversi in astrofisica, *Bollettino U.M.I., Serie VIII, Vol. IX-A, 246-250 (2006)*.

- [37] M. Lisi, *Some remarks on the Cantor pairing function*, *Le Matematiche*, LXII, 55-65, 2007.
- [38] M. Lisi, S. Totaro, *Photon transport with a localized source in locally convex spaces*, *Mathematical Methods in the Applied Sciences*, 29, 1019-1033 (2006).
- [39] M. Lisi, S. Totaro, *Analysis of a mathematical model for the interaction between algae and light*, *Proceedings "WASCOM 2005" - 13th Conference on Waves and Stability in Continuous Media*, World Scientific, Singapore, 328-334 (2006).
- [40] M. Lisi, S. Totaro, *Algae-light interaction: study of an approximated model and asymptotic analysis*, *Transport Theory Statist. Phys.*, 36, 323-349 (2007).
- [41] M. Lisi, S. Totaro, *On the spectrum of the free streaming operator in the three dimensional case*, *Transport Theory Statist. Phys.*, 36, 351-379 (2007).
- [42] M. Lisi, S. Totaro, *Analysis of an age-structured MSEIR model*, *Rend. Sem. Mat. Univ. Pol. Torino*, 66, 117-133, 2008.
- [43] M. Lisi, S. Totaro, *Analysis of a mathematical model for barnacles*, *Quaderno Dipartimento di Scienze Matematiche ed Informatiche*, 495, Siena 2008.
- [44] M. Lisi, S. Totaro, *A mathematical model for a contracting interstellar cloud*, *Bollettino U.M.I.* (in press).
- [45] C. Manzini, *The three-dimensional Wigner-Poisson problem with inflow boundary conditions*, *J. Math. Anal. Appl.* 313(1) 184-196 (2006).
- [46] C. Manzini, A. Arnold and E. Dhamo, *Note on dispersive effects in quantum kinetic equations*, *Communications to SIMAI Congress*, ISSN 1827-9015, Vol.1 (2006) DOI: 10.1685/CSC06011
- [47] C. Manzini and G. Frosali, *Rigorous drift-diffusion asymptotics of a strong-field quantum transport equation*, 2006 (submitted)
- [48] C. Manzini and O. Morandi, *An analysis of a quantum kinetic two-band model with inflow boundary conditions*, *Communications to SIMAI Congress*, ISSN 1827-9015, Vol.1 (2006) DOI: 10.1685/CSC06107
- [49] O. Morandi, *Multiband Wigner-function formalism applied to the band to band transition phenomena*, *Phys. Rev. B* (submitted).
- [50] O. Morandi and L. Demeio, *Simulation of the Rashba Effect in a Multiband Quantum Structure*, *Journal of Computational Electronics* (Special issue with Proceedings of the 11th International Workshop on Contractual Electronics, Vienna, May 24-28, 2006) 6, 1-3 (2007) (published Online 19/01/2007)
- [51] O. Morandi and L. Demeio, *A Wigner-function approach to Landau-Zener transitions based on the multiband-envelope-function model*, *Transport Theory and Stat. Phys.*, 37(5), 437-459 (2008)
- [52] O. Morandi and G. Frosali, *A quantum kinetic approach for modeling a two-band resonant tunneling diode*, *Transport Theory Statist. Phys.* 36, 159-177, 2007. ISSN: 0041-1450 print/1532-2424 online, DOI: 10.1080/00411450701456907
- [53] O. Morandi, P.-A. Hervieux and G. Manfredi, *Laser Induced Ultrafast Demagnetization in Diluted Magnetic Semiconductors Nanostructures*, *Eur. Phys. J. D*, (in press) .
- [54] O. Morandi, P.-A. Hervieux and G. Manfredi, *Ultrafast Magnetization Dynamics in Diluted Magnetic Semiconductors*, *Phys. Rev. B*, (submitted).

9. Pubblicazioni del responsabile

n°	Pubblicazione
1.	G. BORGIOLO, FROSALI G., C. MANZINI (2008). <i>Quantum high-field corrections to a drift-collision balance model of semiconductor transport</i> . <i>TRANSPORT THEORY AND STATISTICAL PHYSICS</i> , vol. 37(5); p. 381-411, ISSN: 0041-1450, doi: 10.1080/00411450802526293
2.	G. BORGIOLO, FROSALI G., C. MANZINI (2008). <i>Derivation of a quantum hydrodynamic model in the high-field case</i> . In: <i>14th Conference on Waves and Stability in Continuous Media WASCOM 2007</i> , Baia Samuele, Italy, 30 June - 7 July 2007, p. 60-65, ISBN/ISSN: 978-981-277-234-3
3.	FROSALI G., C. MANZINI (2008). <i>Rigorous drift-diffusion asymptotics of a strong-field quantum transport equation</i> , p. -, (submitted)
4.	FROSALI G., O. MORANDI (2007). <i>A quantum kinetic approach for modeling a two-band resonant tunneling diode</i> . <i>TRANSPORT THEORY AND STATISTICAL PHYSICS</i> , vol. 36; p. 159-177, ISSN: 0041-1450, doi: 10.1080/00411450701456907
5.	L. BARLETTI, FROSALI G., L. DEMEIO (2007). <i>Multiband quantum transport models for semiconductor devices</i> . In: C. Cercignani, E. Gabetta (Eds.), <i>"Transport Phenomena and Kinetic Theory"</i> , Modeling and Simulation in Science, Engineering and Technology. p. 55-89, Boston: Birkhauser, ISBN/ISSN: 0-8176-4489-X

dei partecipanti

1. A. Arnold, E. Dhamo, C. Manzini; 2007; *The Wigner-Poisson-Fokker-Planck problem: global-in-time solutions and dispersive effects*; Rivista: *Annales de l'IHP-Analyse nonlineaire*; Volume: 24(4); pp.: 645-676
2. F. Buscemi, P. Bordone, A. Bertoni; 2008; *Effects of scattering resonances on carrier-carrier entanglement in charged quantum dots*; Rivista: *J. Comput. Electron.*; Volume: 7; pp.: 263-267
3. L. Demeio; 2007; *Quantum Corrections to Classical BGK Modes in Phase Space*; Rivista: *Transport Theory and Stat. Phys.*; Volume: 36(1-3); pp.: 137-158
4. L. L. Bonilla, L. Barletti, M. Alvaro; 2008; *Nonlinear electron and spin transport in semiconductor superlattices*; Rivista: *SIAM J. Appl. Math.*; Volume: 69(2); pp.: 494-513
5. O. Morandi, L. Demeio; 2007; *Simulation of the Rashba Effect in a Multiband Quantum Structure*; Rivista: *Journal of Computational Electronics*; Volume: 6; pp.: 1-3

10. Prodotti della Ricerca eseguita

PRINCIPALI PUBBLICAZIONI anni 2007/2008

- A. Arnold, E. Dhamo, C. Manzini, *Dispersive effects in quantum kinetic equations*, *Indiana Univ. Math. J.* 56(3), 1299-1331 (2007)
- A. Arnold, E. Dhamo, C. Manzini, *The Wigner-Poisson-Fokker-Planck problem: global-in-time solutions and dispersive effects*, *Annales de l'IHP-Analyse nonlineaire* 24(4), 645-676 (2007)
- L. Barletti, L. Demeio, G. Frosali, *Multiband quantum transport models for semiconductor devices*. In C. Cercignani and E. Gabetta (Eds.), *"Transport Phenomena and Kinetic Theory"*, Modeling and Simulation in Science, Engineering and Technology, Birkhäuser, Boston, 2007, pp. 55-89
- N. Ben Abdallah, G. Frosali (Editors), *Quantum Transport: Modelling, Analysis and Asymptotics*, Lectures given at the C.I.M.E. Summer School held in Cetraro, Italy September 11-16, 2006 *Lecture Notes in Mathematics* 1946, (2008).
- [L. L. Bonilla, L. Barletti, M. Alvaro, *Nonlinear electron and spin transport in semiconductor superlattices*, *SIAM J. Appl. Math.* 69(2), 494-513 (2008).
- L. L. Bonilla, L. Barletti, R. Escobedo, M. Alvaro, *Nonlinear electronic transport in semiconductor superlattices*. In *Applied and Industrial Mathematics in Italy II*, editors V. Cutello, G. Fofia and L. Puccio, World Scientific, Singapore, 2007
- G. Borgio, G. Frosali and C. Manzini, *Quantum high-field corrections to a drift-collision balance model of semiconductor transport*, *Transport Theory Statist. Phys.*, 37(5), 381-411 (2008)
- F. Buscemi, P. Bordone, and A. Bertoni, *Linear entropy as an entanglement measure in two-fermion systems*, *Phys. Rev. A* 75, 032301 (2007).
- F. Buscemi, P. Bordone, A. Bertoni, *Carrier-carrier entanglement and transport resonances in semiconductor quantum dots*, *Phys. Rev. B* 76, 195317 (2007).
- F. Buscemi, P. Bordone, A. Bertoni, *Simulation of decoherence in 1D systems, a comparison between distinguishable- and indistinguishable-particle collisions*, *Phys. Stat. Sol. (c)* 5(1), 139-142 (2008).
- F. Buscemi, P. Bordone, A. Bertoni, *Effects of scattering resonances on carrier-carrier entanglement in charged quantum dots*, *J. Comput. Electron.* 7, 263-267 (2008).
- F. Buscemi, E. Cancellieri, P. Bordone, A. Bertoni, and C. Jacoboni, *Electron decoherence in a semiconductor due to electron-phonon scattering*, *Phys. Stat. Sol. (c)* 5, No.1, 52-55 (2008).
- E. Cancellieri, P. Bordone, C. Jacoboni, *The Effect of Symmetry in the Many-Particle Wigner Function*, *Phys. Rev. B* 76, 214301 (2007).
- E. Cancellieri, M. Rosini, P. Bordone, and C. Jacoboni, *"Roughness effect on electron transport through quantum wires"*, *phys. stat. sol. (c)* 5(1), 127-130 (2008).
- L. Demeio, *Quantum Corrections to Classical BGK Modes in Phase Space*, *Transport Theory and Stat. Phys.* 36(1-3) 137-158 (2007)
- L. Demeio and S. Lenzi, *Forced nonlinear oscillations of semi-infinite cables and beams resting on a unilateral elastic substrate*, *Nonlinear Dynamics* 49(1-2), 203-215 (2007)

G.Frosali and O. Morandi, A quantum kinetic approach for modeling a two-band resonant tunneling diode, *Transport Theory Statist. Physics* 36, 159-177 (2007)
M. Lisi, S. Totaro, Algae-light interaction: study of an approximated model and asymptotic analysis, *Transport Theory Statist. Phys.*, 36, 323-349 (2007).
M. Lisi, S. Totaro, On the spectrum of the free streaming operator in the three dimensional case, *Transport Theory Statist. Phys.*, 36, 351-379 (2007).
O. Morandi and L. Demeio, Simulation of the Rashba Effect in a Multiband Quantum Structure, *Journal of Computational Electronics* 6, 1-3 (2007) (published Online 19/01/2007)
O. Morandi and L. Demeio, A Wigner-function approach to Landau-Zener transitions based on the multiband-envelope-function model, *Transport Theory Statist. Phys.*, 37(5), 437-459 (2008)
O. Morandi and G. Frosali, A quantum kinetic approach for modeling a two-band resonant tunneling diode, *Transport Theory Statist. Phys.* 36, 159-177, 2007.

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

n°	Cognome	Nome	Qualifica	Facoltà	Dipartimento/Istituto Università	I anno	II anno
1.	BARLETTI	Luigi	RU	SCIENZE MATEMATICHE FISICHE e NATURALI	Dip. MATEMATICA Univ. FIRENZE	11	9
2.	BORDONE	Paolo	RU	SCIENZE MATEMATICHE FISICHE e NATURALI	Dip. FISICA Univ. MODENA e R. E.	8	7
3.	BORGIOLI	Giovanni	PA	INGEGNERIA	Dip. ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI Univ. FIRENZE	11	10
4.	BUSONI	Giorgio	PO	SCIENZE MATEMATICHE FISICHE e NATURALI	Dip. MATEMATICA Univ. FIRENZE	11	9
5.	DEMEIO	Lucio	PA	INGEGNERIA	Dip. SCIENZE MATEMATICHE Politecnica MARCHE	11	11
6.	FROSALI	Giovanni	PO	INGEGNERIA	Dip. MATEMATICA APPLICATA Univ. FIRENZE	11	10
7.	MUGELLI	Francesco	RU	INGEGNERIA	Dip. MATEMATICA APPLICATA Univ. FIRENZE	6	6
8.	TOTARO	Silvia	PO	SCIENZE MATEMATICHE FISICHE e NATURALI	Dip. SCIENZE MATEMATICHE ED INFORMATICHE Univ. SIENA	11	9

altro personale

n°	Cognome	Nome	Qualifica	Facoltà	Dipartimento/Istituto Università/Ente	mesi uomo effettiv. impegnati		Nota
						I anno	II anno	
1.	MODUGNO	MICHELE	Ric. tempo det.	SCIENZE MATEMATICHE FISICHE e NATURALI	Dip. di FISICA - FIRENZE	3	3	
2.	LISI	MERI	Contrattista	SCIENZE MATEMATICHE FISICHE e NATURALI	Dip. di Matematica - SIENA	8	8	
3.	MANZINI	CHIARA	Assegnista	INGEGNERIA	Dip. di Matematica Appl.- FIRENZE	11	11	

Personale a contratto a carico del PRIN 2006 (escluse le borse di dottorato)

n°	Cognome	Nome	Qualifica	Tipologia di contratto	Inizio del contratto	Durata del contratto in mesi	Costo totale in Euro	mesi uomo		Nota
								I anno	II anno	
	TOTALE						0			

Dottorati di ricerca a carico del PRIN 2006

n°	Cognome	Nome	Inizio del contratto (*)	Costo totale in Euro	3° anno a carico del Prin 2006 (**)	Nota
	TOTALE			00		

Si ribadisce quanto precisato con circolare Prot. n. 2 del 4 gennaio 2007 in merito alla borsa di dottorato da attivarsi in concomitanza

con l'avvio del progetto di ricerca (09/02/2007)

(*) La data di inizio del contratto deve essere compresa tra il 09/02/2007 e il 30/04/2007

(**) da rendicontare successivamente

12. Note relative ai componenti (punto 11)

13. Risorse umane complessivamente ed effettivamente impegnate

	(mesi uomo)		
	I anno	II anno	TOTALE
personale universitario	80	71	151
altro personale	22	22	44
Personale a contratto a carico del PRIN 2006 (escluse le borse di dottorato)	0	0	0
Borse di dottorato	0	0	0

14. Dati complessivi relativi al programma

	(numero)
partecipazioni a convegni pertinenti:	
in Italia	22
all'estero	16
articoli pertinenti pubblicati:	
su riviste italiane con referee	32
su riviste straniere con referee	4
su altre riviste italiane	11
su altre riviste straniere	2
comunicazioni a convegni/congressi internazionali pertinenti	5
comunicazioni a convegni/congressi nazionali pertinenti	
rapporti interni	
brevetti depositati	

15. Tabella delle spese sostenute

Voce di spesa	Spese rimodulate	Pagato		Residuo da saldare (già fatturato)	Cifra impegnata	Totale spese sostenute	Descrizione (elementi contabili a giustificazione) (max 4000 Car. per ogni voce)
		I anno	II anno				
Materiale inventariabile	3.117	885	2.139			3.024	Mandati N. 2007/35199 del 09/10/07 2008/32244 del 8/10/08 2008/41265 del 2/12/08 2008/40421 del 27/11/08 2008/41267 del 2/12/2008 2008/40164 del 27/11/08 2007/4305 del 27/2/07 FATTURE: quota parte fatt. 4809/d del 28.11.08 fatt.4809 del 28/11/08 fatt. 3553/a del 11.9.08 fatt. 3735/A del 29.12.06
Grandi Attrezzature	0					0	
Materiale di consumo	300	23	269			292	MANDATI N: 2007/16377 del 18/5/07 2006/26056 del 19/09/06 2008/40385 del 27/11/08 FATTURE: fatt. 1383/a del 13/03/07; quota parte fatt. 1649 del 1.8.06; quota parte fatt. 9694 del 14.10.08;
Quota forfetaria certificata	1.497	976	521			1.497	MANDATI N: 2008/18732 del 16/6/08 2008/38650 del 19/11/08 2008/29555 del 15/9/08 2008/38589 del 19/11/08 2008/18739 del 16/06/08

						FATTURE: fatt. 252245/01 del 7.8.08; fatt. 322018/01 del 7.10.08;
Spese per calcolo ed elaborazione dati	0					0
Personale a contratto a carico del PRIN 2006	0					0
Dottorati di ricerca a carico del PRIN 2006	0					0
Servizi esterni	0					0
Missioni	8.800	5.260	3.576			8.836 MISSIONI di FROSALI a Pisa 2007, Montecatini 2008, Parma 2007, Roma 2007, Roma 2008, Catania 2007, Obninsk 2007. di BORGIOI a catania 2007, Obninsk 2007. di BARLETTI a Vienna 2007, PortoErcole 2008, Londra 2008, Roma 2008 di MANZINI a L'Aquila 2007, Parma 2007, USA 2007, di LISI a Mantova 2008 MANDATI N: 2007/35194 del 09/10/07 2008/22880 del 16/7/08 2008/36199 del 5/11/08 2007/32337 del 18/09/07 2007/32608 del 19/09/07 2007/32325 del 18/09/07 2008/21168 del 7/7/08 2007/16548 del 21/05/07 2008/36109 del 5/11/08 2008/22882 del 16/7/08 2008/17384 del 4/6/08 2008/14024 del 6/5/08 2008/14422 del 8/5/08 2007/31668 del 13/09/07 2008/23074 del 17/07/08 2007/30256 del 31/08/07 2008/24654 del 30/7/08 2007/31707 del 13/09/07 2007/33611 del 26/09/07 2007/33623 del 26/09/07
Pubblicazioni	0					0
Partecipazione / Organizzazione convegni	3.500	2.190	105			2.295 In fase di consuntivo è stata variata la somma spesa su questo capitolo nel I anno ed è stata impegnata la somma di 1300E. A giustificazione di tale variazione, si nota che la gran parte delle missioni dei docenti sono relative a partecipazioni a convegni in cui sono stati presentati risultati della ricerca, pertanto ciò giustifica lo spostamento di tali cifre, assimilando le spese per Missioni con quelle per Partecipazione/Organizzazione convegni. In questa voce sono stati lasciate le spese per le Iscrizioni. Iscrizione Convegno WASCOM 2007 di FROSALI, BORGIOI, LISI Iscrizione Congresso SIMAI Barletti, Frosali Iscrizione ICTT20 di FROSALI e BORGIOI Partecipazione di MANZINI a ZURIGO 2007 Org. ICTT21 Torino MANDATI N: 2008/13175 del 24/4/08 2007/16153 del 17/05/07 2007/16160 del 17/05/07 2007/16161 del 17/05/07 2008/17382 del 4/6/08 2007/39273 del 7/11/07 2007/17010 del 23/05/07 2007/17011 del 23/05/07 2007/30346 del 03/09/2007
Altro	1.500		1.470			1.470 Seminari di visiting professor 2008/14219 del 7/5/08 2008/13149 del 24/4/08 2008/39887 del 26/11/08
Cifra impegnata					1.300	1.300 MANDATO N.2008/30891 del 27/11/08 per partecipazione a convegni ICTT e WASCOM 2009 La somma di 1300E è stata ricavata dal capitolo Partecipazione/Organizzazione Convegni, riducendo le spese fatte nel primo anno identificandole a quelle di missione.
TOTALE	18.714	9.334	8.080	0	1.300	18.714

Attenzione

Nelle seguenti voci sono state apportate delle modifiche rispetto alla relazione annuale:
- Partecipazione / Organizzazione convegni

La modifica rimarrà evidenziata e dovrà essere dettagliatamente motivata nel consuntivo anche ai fini della valutazione ex-post.

Tabella delle cifre impegnate

Voce di spesa	Cifra impegnata	Estremi dell'impegno		Descrizione dettagliata della cifra impegnata
		Data	Protocollo	
Pubblicazioni (esclusivamente dei risultati finali della ricerca)				
Convegni e congressi (esclusivamente per presentazione dei risultati finali della ricerca)	1.300	27/11/2008	2008/30891	La cifra impegnata servirà per l'iscrizione e partecipazione di componenti ai convegni ICTT21 e WASCOM09 dove verranno presentati risultati della ricerca
Borse di dottorato				
TOTALE	1.300			

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 30 OTTOBRE 2009 ad esclusione del Dottorato.

Per tutte le voci verrà richiesta apposita rendicontazione..

La data dell'impegno non può essere successiva al 9 febbraio 2009.

Totale spese sostenute

	(in Euro)
Totale finanziamento assegnato	18.714
Pagato	17.414
Residuo da saldare	0
Cifra impegnata	1.300
Totale spese sostenute	18.714
Residuo	0

(Per la copia da depositare presso l'Ateneo e per l'assenso alla elaborazione e diffusione delle informazioni riguardanti i programmi di ricerca presentati; D.lgs. 196/2003 del 30/06/2003 sulla "Tutela dei dati personali")

Data 12/03/2009 17:12

Firma