

## CURRICULUM VITAE – MATTEO COLANGELI

---

### INFORMAZIONI GENERALI

*Nome:* Matteo Colangeli

*Data e luogo di nascita:*  
22 Ottobre 1979,  
Roma, Italia

*Indirizzo:*  
Gran Sasso Science Institute,  
Viale Francesco Crispi 7,  
67100 L'Aquila, Italia

*email:* [matteo.colangeli@gssi.infn.it](mailto:matteo.colangeli@gssi.infn.it)

*pagina web:* <http://gssiweb.lngs.infn.it>

*Orcid:* <http://orcid.org/0000-0002-7424-7888>



### INFO BIOGRAFICHE

Nel 2009 ho completato il mio Dottorato presso il Politecnico ETH di Zurigo, dove ho lavorato sulla derivazione di equazioni idrodinamiche dall'equazione di Boltzmann. Successivamente sono stato postdoc presso la School of Mathematical Sciences della Queen Mary University of London (U.K.), dove mi sono dedicato allo studio di Relazioni di Fluttuazione per sistemi dinamici caotici, e di tecniche di large deviations per processi di Markov ed equazioni di tipo Langevin. In seguito sono stato postdoc presso il Politecnico di Torino dove ho studiato, dal punto di vista della meccanica statistica, le proprietà di sistemi quantistici disordinati e le reti neurali artificiali. Nel Novembre 2014 ho iniziato la mia attività di ricerca presso il Gran Sasso Science Institute a L'Aquila, dove collaboro con i Proff. E. Presutti e A. De Masi sullo studio di limiti idrodinamici per sistemi di particelle fuori dall'equilibrio. I miei interessi di ricerca in meccanica statistica riguardano, dunque, un'ampia gamma di problemi che comprende, in particolare, i teoremi di fluttuazione per sistemi dinamici caotici e stocastici, lo studio analitico e numerico dei limiti idrodinamici per sistemi di particelle, e la derivazione di risultati rigorosi per modelli (di tipo Ising) di equilibrio. Ho inoltre partecipato, come **invited speaker**, a numerose conferenze internazionali ed ho ottenuto diversi **Research Grants**: due Grants dalla *Swiss National Science Foundation* e un Grant dal *National Council for Scientific and Technological Development* brasiliano. Sono autore di una **monografia** matematica, edita da Springer, sulla derivazione di equazioni idrodinamiche dalla teoria cinetica, e collaboro inoltre come **Review Editor** per le due Riviste *Frontiers in Physics* ed *European Physical Journal*. Nel Dicembre 2013 ho ottenuto l'**Abilitazione Scientifica Nazionale** in Fisica Matematica come **Professore Associato**. Infine, nel Gennaio 2014 ho ottenuto la qualifica francese di **Maître de Conférences** in "*Mathématiques appliquées et applications des mathématiques*".

SODDISFACIMENTO  
REQUISITI DI  
AMMISSIONE

**Più di 3 anni di esperienza postdoc:**

- 1 anno e 6 mesi di borsa, ottenuta dalla Swiss National Science Foundation (**SNSF**), nella School of Mathematical Sciences, Queen Mary University of London, U.K. (Settembre 2009-Febbraio 2011);
- 1 anno di assegno di ricerca presso il Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni del Politecnico di Torino (Dicembre 2012 - Novembre 2013);
- 7 mesi di borsa (parte del totale di 2 anni e 9 mesi di Research Grant ottenuto dalle agenzie federali brasiliane **CNPq** e **CAPES** nell'ambito del programma di ricerca "Science without Borders - Young Talent Attraction"), nel Dipartimento di Matematica della Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasile (durata borsa: Aprile 2014 - Dicembre 2016; interrotta a fine Ottobre 2014 per lavorare presso il Gran Sasso Science Institute (INFN), L'Aquila, Italia).
- 1 anno e 9 mesi di assegno di ricerca presso il Gran Sasso Science Institute (da Novembre 2014 ad oggi).

STUDI

**Liceo Scientifico Pio IX Aventino, Roma, Italia (1993-1998).**

Voto finale: 60/60.

**Università "Sapienza", Facoltà di Ingegneria, Roma, Italia (1998-2004).**

Laurea in Ingegneria Chimica, ottenuta il 24 Marzo 2004.

Voto finale: 110/110 Summa cum Laude.

Tesi di Laurea: Termodinamica Molecolare di sistemi colloidali: interpretazione di proprietà di equilibrio dai potenziali intermolecolari.

(*Supervisore*: Prof. Marrelli, Dip. di Ingegneria Chimica, Università "Sapienza").

**Ph.D. in Science, ETH Zürich, Svizzera (Ottobre 2005 - Luglio 2009).**

*Tesi*: Derivation of exact linear hydrodynamics from the Boltzmann Equation.

ESPERIENZE DI  
RICERCA

**Assegno di ricerca presso ENEA e INSTM (Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Scienza e Tecnologia dei Materiali), Casaccia (RM), Italia (Luglio-Settembre 2004).**

*Progetto*: Simulazioni di dinamica molecolare quantistica.

**Borsa di ricerca SNSF presso la School of Mathematical Sciences, Queen Mary University of London, U.K. (Settembre 2009 - Febbraio 2011).**

*Progetto*: Relazioni di Fluttuazione in fenomeni fuori dall'equilibrio.

**Assegno di ricerca presso il Dip. di Elettronica e Telecomunicazioni, Politecnico di Torino, Italia (Dicembre 2012 - Novembre 2013).**

*Progetto*: Metodi della meccanica statistica nello studio di Reti Neurali Artificiali.

**Borsa di ricerca CAPES/CNPq presso il Dip. di Matematica della Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasile** (Aprile 2014 - Ottobre 2014).

*Progetto:* Trattazione rigorosa di alcuni problemi della meccanica statistica di equilibrio e fuori dall'equilibrio.

**Assegno di ricerca presso il Gran Sasso Science Institute, L'Aquila, Italia** (da Novembre 2014).

*Progetto:* Limite di Lebowitz-Penrose in modelli di Ising anisotropi; Limiti idrodinamici per sistemi di particelle fuori dall'equilibrio.

INVITI SCIENTIFICI  
PRESSO ISTITUTI  
STRANIERI (ALMENO 2  
SETTIMANE)

- Visiting Scientist presso: Institute for Theoretical Physics, K.U. Leuven, Belgio (Settembre-Novembre 2009; ospite: Prof. C. Maes).
- Visiting Scientist presso: Meteorological Institute, University of Hamburg, Germania (Ottobre 2011; ospite: Prof. V. Lucarini).
- Visiting Scientist presso: Meteorological Institute, University of Hamburg, Germania (Febbraio 2012; ospite: Prof. V. Lucarini).
- Visiting Scientist presso: Laboratoire de Physique Théorique et Modèles Statistiques, University of Paris 11, Francia (Novembre 2012; ospite: Prof. E. Trizac).

ULTERIORI  
ESPERIENZE  
LAVORATIVE

**KT - Kinetics Technology S.p.A., Roma, Italia** (Ottobre 2004 - Settembre 2005).

*Progetto:* Progetto di impianti chimici ad idrogeno.

**Eltek Group, Italy** (Marzo 2011 - Novembre 2012).

*Progetto:* Fenomeni di trasporto in sistemi quantistici disordinati (attività di ricerca svolta presso il Dip. di Matematica del Politecnico di Torino, in collaborazione con il Prof. L. Rondoni).

INTERESSI DI  
RICERCA

- 2005 -2009: Teoria cinetica dei gas; **limiti idrodinamici** di modelli cinetici; **metodi computazionali** di tipo Lattice Boltzmann;
- 2010 - 2012: Relazioni di Fluttuazione e Teoria della Risposta Lineare per sistemi dinamici caotici e stocastici; **limiti al continuo** di sistemi quantistici;
- dal 2012: **Limiti idrodinamici** e teoria delle grandi deviazioni per sistemi di particelle; **simulazioni** di tipo Monte Carlo.

PROGETTI DI RICERCA  
ATTUALI

- *Progetto*: “Modelli di particelle con correnti spontanee”;  
*in collaborazione con*: Prof. E. Presutti (Gran Sasso Science Institute, L’Aquila, Italia) e Prof. A. De Masi (Dip. di Matematica, Università dell’Aquila, Italia);
- *Progetto*: “Effetti di soglia e limiti idrodinamici in sistemi di particelle di tipo Zero Range”;  
*in collaborazione con*: Prof. E. Cirillo (Dip. di Scienze di Base e Applicate per l’Ingegneria, Università “Sapienza” di Roma, Italia) e Prof. A. Muntean (Dip. di Matematica, Università di Karlstad, Svezia);
- *Progetto*: “Grandi deviazioni in sistemi di particelle fuori dall’equilibrio”;  
*in collaborazione con*: Prof. D. Gabrielli (Dip. di Matematica, Università dell’Aquila, Italia);
- *Progetto*: “Limiti al continuo e risultati esatti per modelli di Kronig-Penney disordinati”;  
*in collaborazione con*: Prof. A. Procacci (Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasile).

PUBBLICAZIONI

ARTICOLI SU RIVISTE PEER-REVIEWED INTERNAZIONALI

1. M. Colangeli, I.V. Karlin and M. Kröger,  
From hyperbolic regularization to exact hydrodynamics for linearized Grad’s equations,  
*Phys. Rev. E* **75**, 051204 (2007).
2. M. Colangeli, I.V. Karlin and M. Kröger,  
Hyperbolicity of exact hydrodynamics for three-dimensional linearized Grad’s equations,  
*Phys. Rev. E* **76**, 022201 (2007).
3. I.V. Karlin, M. Colangeli and M. Kröger,  
Exact Linear Hydrodynamics from the Boltzmann Equation,  
*Phys. Rev. Lett.* **100**, 214503 (2008).
4. M. Colangeli, M. Kröger and H.C. Öttinger,  
Boltzmann equation and hydrodynamic fluctuations,  
*Phys. Rev. E* **80**, 051202 (2009).
5. M. Colangeli,  
Derivation of exact linear hydrodynamics from the Boltzmann equation,  
(Diss., Naturwissenschaften, ETH Zurich, Nr. 18442, 2009).  
url: <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/view/eth:392>.

6. M. Colangeli,  
Nonequilibrium response from the dissipative Liouville equation,  
*J. Stat. Mech.: Theor. Exp.* P12019 (2010).
7. M. Colangeli, C. Maes and B. Wynants,  
A meaningful expansion around detailed balance,  
*J. Phys. A: Math. Theor.* **44**, 095001 (2011).
8. M. Colangeli, R. Klages, P. De Gregorio and L. Rondoni,  
Steady state fluctuation relations and time-reversibility for non-smooth chaotic maps,  
*J. Stat. Mech.: Theor. Exp.* P04021 (2011).
9. M. Colangeli and L. Rondoni,  
Equilibrium, fluctuation relations and transport for irreversible deterministic dynamics,  
*Physica D* **241**, 681–691 (2012).
10. M. Colangeli, L. Rondoni and A. Vulpiani,  
Fluctuation-dissipation relation for chaotic non-Hamiltonian systems,  
*J. Stat. Mech.: Theor. Exp.* L04002 (2012).
11. V. Lucarini and M. Colangeli,  
Beyond the linear fluctuation-dissipation theorem: the role of causality,  
*J. Stat. Mech.: Theor. Exp.* P05013 (2012).
12. M. Colangeli and L. Rondoni,  
Fluctuations in quantum one-dimensional thermostatted systems with off-diagonal disorder,  
*J. Stat. Mech.: Theor. Exp.* P02009 (2013).
13. M. Colangeli, M. Pizzi and L. Rondoni,  
Current in a quantum driven thermostatted system with off-diagonal disorder,  
*Physica A* **392**, 2977–2987 (2013).
14. M. Colangeli and V. Lucarini,  
Elements of a unified framework for response formulae,  
*J. Stat. Mech.: Theor. Exp.* P01002 (2014).
15. M. Colangeli, V. Lucarini,  
Nonequilibrium Statistical Mechanics: Fluctuations and Response.  
*Chaos, Solitons & Fractals* **64**, 1 (2014).

16. M. Colangeli, L. Rondoni and A. Verderosa,  
Focus on some nonequilibrium issues,  
*Chaos, Solitons & Fractals* **64**, 2–15 (2014).
17. M. Colangeli, F. Rugiano and E. Pasero,  
Pattern recognition at different scales: A statistical perspective,  
*Chaos, Solitons & Fractals* **64**, 48–66 (2014).
18. M. Colangeli, F. Pezzotti and M. Pulvirenti,  
A Kac Model for Fermions,  
*Arch. Rational Mech. Anal.* **216**, 359–413 (2015).
19. M. Colangeli, S. Ndreca, A. Procacci,  
A continuum limit for the Kronig-Penney model,  
*J. Stat. Mech.: Theor. Exp.* P06006 (2015).
20. E. Cirillo, M. Colangeli and A. Muntean,  
Does communication enhance pedestrians transport in the dark?,  
*Comptes Rendus Mecanique* **344**, 19–23 (2016).
21. P. A. Adamo, M. Colangeli and L. Rondoni,  
Role of ergodicity in the transient Fluctuation Relation and a new relation  
for a dissipative non-chaotic map,  
*Chaos, Solitons & Fractals* **83**, 54–66 (2016).
22. M. Cassandro, M. Colangeli and E. Presutti,  
Highly Anisotropic Scaling Limits,  
*J. Stat. Phys.* **162**, 997–1030 (2016).
23. E. N. M. Cirillo, M. Colangeli and A. Muntean,  
Stationary currents in particle systems with constrained hopping rates,  
*J. Non-Equilib. Thermodyn.* **41**, 99–106 (2016).
24. M. Colangeli A. De Masi and E. Presutti,  
Latent heat and the Fourier law,  
*Physics Letters A* **380**, 1710–1713 (2016);
25. E. Cirillo, M. Colangeli and A. Muntean,  
Effects of communication efficiency and exit capacity on fundamental dia-  
grams for pedestrian motion in an obscure tunnel – a particle system ap-  
proach,  
*Multiscale Model. Simul.* **14**, 906–922 (2016);

26. J. Berner, U. Achatz, L. Batte, A. De La Camara, D. Crommelin, H. Christensen, M. Colangeli, S. Dolaptchiev, C.L.E. Franzke, P. Friederichs, P. Imkeller, H. Jarvinen, S. Juricke, V. Kitsios, F. Lott, V. Lucarini, S. Mahajan, T. N. Palmer, C. Penland, J.-S. Von Storch, M. Sakradzija, M. Weniger, A. Weisheimer, P. D. Williams, J.-I. Yano,  
Stochastic Parameterization: Towards a new view of Weather and Climate Models,  
in press on: *Bull. Amer. Meteor. Soc.* (2016);  
arXiv:1510.08682.

LIBRI E MONOGRAFIE

27. Matteo Colangeli,  
From Kinetic Models to Hydrodynamics. Some Novel Results.  
SpringerBriefs in Mathematics, Springer New York, 2013;  
**ISBN: 978-1-4614-6305-4.**

CAPITOLI DI LIBRO

28. Matteo Colangeli, L. Rondoni,  
Fluctuation relations and nonequilibrium response for chaotic dissipative dynamics.  
Applications of Chaos and Nonlinear Dynamics in Science and Engineering, Vol. 3, Underst. Complex Systems, Springer Berlin Heidelberg, 2013;  
**ISBN: 978-3-642-34016-1.**
29. Matteo Colangeli,  
Small Scale Hydrodynamics.  
Applications of Chaos and Nonlinear Dynamics in Science and Engineering, Vol. 4, Underst. Complex Systems, Springer International Publishing, 2015;  
**ISBN: 978-3-319-17036-7.**

CONFERENCE PROCEEDINGS

30. I. V. Karlin, M. Colangeli and M. Kröger,  
Eigen-closure and existence of hydrodynamic manifolds,  
*Modeling and Simulation of new materials: Proceedings of Modeling and Simulation of New Materials: Tenth Granada Lectures.* AIP Conference Proceedings, Vol. **1091**, 269-270 (2009).

ARTICOLI SOTTOMESSI E PREPRINTS

31. M. Colangeli, A. De Masi and E. Presutti,  
Particle models with self-sustained current,  
submitted to *J. Stat. Phys.* (2016);  
arXiv: 1606.04920.
32. M. Colangeli,  
Electronic transport and finite size effects in Kronig-Penney models,  
*preprint*.
33. E. Cirillo, M. Colangeli and A. Muntean,  
Effects of a local intensity function perturbation on the stationary state of a  
Zero Range model,  
*preprint*.

DISCUSSIONE DEI

LAVORI PRESENTATI  
PER LA VALUTAZIONE

DERIVAZIONE DI EQUAZIONE IDRODINAMICHE DA MODELLI CINETICI: IL METODO DEL  
MANIFOLD INVARIANTE

I lavori

- M. Colangeli, I.V. Karlin and M. Kröger, From hyperbolic regularization to exact hydrodynamics for linearized Grad equations, *Phys. Rev. E* **75**, 051204 (2007),
- M. Colangeli, I.V. Karlin and M. Kröger, Hyperbolicity of exact hydrodynamics for three-dimensional Grad equations, *Phys. Rev. E* **76**, 022201 (2007),
- I.V. Karlin, M. Colangeli and M. Kröger, Exact hydrodynamics from the linearized Boltzmann Equation, *Phys. Rev. Lett.* **100**, 214503 (2008),
- M. Colangeli, M. Kröger and H.C. Öttinger, Boltzmann Equation and hydrodynamic fluctuations, *Phys. Rev. E* **80**, 051202 (2009),

affrontano uno dei problemi generali della meccanica statistica, cioè quello di legare diverse scale di descrizione di sistemi di particelle fuori dall'equilibrio: la scala mesoscopica, che è il set-up tipico della teoria cinetica di Boltzmann, e la scala macroscopica, considerata in Termodinamica e Fluidodinamica. In particolare, una linea di ricerca recente, e di grande rilevanza per le sue notevoli ricadute tecnologiche, è quella della Microfluidica, che studia il moto di sistemi fluidi su scale piccole, dove una descrizione classica basata sull'equazione di Navier-Stokes non è più applicabile. Infatti, su quelle scale, in cui gli effetti puramente cinetici non sono trascurabili, è necessario disporre di una descrizione fluidodinamica che tenga conto anche della natura "particellare" del fluido (cf. J.P. Boon and S. Yip, *Molecular Hydrodynamics*, Dover, New York, 1991). Tuttavia, quasi un secolo di ricerca in tale direzione ha mostrato che la costruzione di una fluidodinamica "post-Navier-Stokes" sia un problema teorico di notevole complessità. I lavori di Bobylev in particolare (cf. A. V. Bobylev, *Sov. Phys. Dokl.* **27**, 29 (1982)) evidenziano che l'idrodinamica di Burnett, e la super-Burnett, violano il teorema-H di Boltzmann, poiché descrivono onde acustiche che si amplificano nel tempo invece di decadere



(fenomeno noto come “*Bobylev instability*”). Tali instabilità costituiscono un problema ben noto in teoria cinetica, nell’ambito di sviluppi perturbativi come quello di Chapman-Enskog, e traggono origine dal troncamento della suddetta espansione ad un prefissato ordine. È possibile mostrare, tuttavia, che un’opportuna tecnica di somma di tutti i termini perturbativi consente di eliminare le instabilità, dando luogo a delle equazioni idrodinamiche che non violano il teorema-H. Nei nostri lavori consideriamo pertanto dei modelli cinetici risolvibili analiticamente e/o numericamente (e.g. BGK, molecole di Maxwell, sistema dei Momenti di Grad) ed usiamo una nuova tecnica non-perturbativa, detta del *Manifold Invariante*. Tale tecnica si basa sulla nozione di Equilibrio Locale e, postulando una separazione di scale di tempi tra variabili idrodinamiche “lente” e variabili “veloci”, consente di legare l’evoluzione della funzione di distribuzione di singola particella alla dinamica delle sole variabili lente. Riusciamo quindi a risolvere esattamente i modelli cinetici considerati ed otteniamo, nei diversi casi, delle relazioni di dispersione che estendono la fluidodinamica di Navier-Stokes a valori finiti del numero di Knudsen, rimanendo dunque valide fino a scale di lunghezza dell’ordine del cammino-libero-medio delle particelle.

#### RELAZIONI DI FLUTTUAZIONE E TEOREMA DI FLUTTUAZIONE-DISSIPAZIONE PER DINAMICHE DETERMINISTICHE E STOCASTICHE

La teoria delle Relazioni di Fluttuazione (FR) stazionarie deterministiche costituisce uno dei risultati teorici fondamentali della moderna meccanica statistica del non-equilibrio, e ricevette un primo, decisivo, contributo con il lavoro di Gallavotti e Cohen (*Dynamical Ensembles in Nonequilibrium Statistical Mechanics*, Phys. Rev. Lett. 74, 2694 (1995)), in cui gli autori considerano sistemi di tipo Anosov caratterizzati da una misura invariante di tipo SRB. Una linea di ricerca importante si è dunque originata a partire da tale lavoro, nel tentativo di identificare le condizioni matematiche *necessarie* per la validità delle FR, oltre che a tentare di far luce sul meccanismo fisico sottostante tali Relazioni. In particolare, si è tentato di chiarire il ruolo della reversibilità temporale (T-symmetry) delle equazioni microscopiche del moto, e si sono studiati sistemi dinamici in cui la T-symmetry è parzialmente violata (cf., e.g., G. Gallavotti, *Breakdown and regeneration of time reversal symmetry in nonequilibrium Statistical Mechanics*, Physica D 112, 250-257 (1998)). Nei miei lavori

- M. Colangeli, R. Klages, P. De Gregorio and L. Rondoni, Steady state fluctuation relation and time-reversibility for non-smooth chaotic maps, *J. Stat. Mech.: Theor. Exp.* P04021 (2011),
- M. Colangeli and L. Rondoni, Equilibrium, fluctuation relations and transport for irreversible deterministic dynamics, *Physica D: Nonlinear Phenomena* **241**, 681 (2012)

studiamo dunque la validità della FR stazionaria per sistemi dinamici deterministici di tipo non-Anosov, tali per cui la proiezione della misura invariante lungo il manifold instabile è discontinua, o in cui la T-symmetry è esplicitamente violata.

Analogamente, sin dai primi importanti lavori di L. Onsager e R. Kubo, il teorema di Fluttuazione e Dissipazione (FDT) rappresenta una delle pietre miliari della meccanica statistica fuori dall’equilibrio. Questo teorema fu dimostrato inizialmente per sistemi Hamiltoniani perturbati dallo stato di equilibrio, ma fu in seguito esteso e formalizzato anche per dinamiche stocastiche. L’analisi di alcuni aspetti fondamentali del FDT per

dinamiche deterministiche o stocastiche (facendo uso, in quest'ultimo caso, della *Teoria delle Grandi Deviazioni*) è presente nei miei lavori

- M. Colangeli, C. Maes and B. Wynants, A meaningful expansion around detailed balance, *J. Phys. A: Math. Theor.* **44**, 095001 (2011),
- V. Lucarini and M. Colangeli, Beyond the Fluctuation-Dissipation Theorem: the role of Causality, *J. Stat. Mech.: Theor. Exp.* P05013 (2012),
- M. Colangeli and V. Lucarini, Elements of a unified framework for response formulae, *J. Stat. Mech.: Theor. Exp.* P01002 (2014).

L'aspetto chiave del FDT sta nel fatto che connette delle variabili termodinamiche (come il calore specifico, o la suscettibilità magnetica per un sistema di spin), che sono legate alla risposta del sistema ad una perturbazione esterna (e dunque alla dissipazione di energia in calore), alle fluttuazioni del sistema di particelle nella sua dinamica imperturbata, descritta da una misura stazionaria (in genere nota). D'altra parte, gran parte dei sistemi fisici d'interesse sono non-Hamiltoniani, ossia sono caratterizzati da qualche forma di dissipazione (come nel caso dell'idrodinamica viscosa). Si pone dunque il problema generale di investigare la validità del FDT anche nel caso di dinamiche dissipative (cioè, tali per cui, nel caso della teoria dei sistemi dinamici deterministici, il valor medio, rispetto alla misura stazionaria, dell'osservabile “*phase space contraction rate*” è positivo). Nel lavoro

- M. Colangeli, L. Rondoni and A. Vulpiani, Fluctuation-dissipation relation for chaotic non-Hamiltonian systems, *J. Stat. Mech.: Theor. Exp.* L04002 (2012)

consideriamo dunque un sistema dinamico dissipativo la cui misura invariante non è continua rispetto a Lebesgue (ha supporto su un attrattore frattale) e mostriamo sotto quali condizioni è possibile estendere il FDT anche a sistemi fuori dall'equilibrio.

#### SCALING LIMITS E SISTEMI DI PARTICELLE

Uno dei problemi matematici più importanti in teoria cinetica riguarda la derivazione di equazioni cinetiche dalla dinamica microscopica. Un lavoro fondamentale in questo ambito fu quello di Lanford del 1975 (*Time evolution of large classical systems*, Lecture Notes in Physics, Vol. 38, Springer, New York, 70–111 (1975)), nel quale derivò l'equazione di Boltzmann per un sistema di sfere rigide per tempi brevi, nel cosiddetto limite di Boltzmann-Grad. I sistemi quantistici, in particolare, possono essere descritti da equazioni di tipo Boltzmann sia nel limite di Boltzmann-Grad che in quello di Weak-Coupling. Nel primo caso, l'equazione di Boltzmann che si ottiene è quella classica, in cui la scattering cross-section è legata alla forma del potenziale di interazione. Nel secondo caso, invece, l'equazione cinetica di tipo Boltzmann che si ottiene differisce da quella classica, poiché incorpora gli effetti della statistica di Bose-Einstein o di Fermi-Dirac. In particolare, nel lavoro

- M. Colangeli, F. Pezzotti and M. Pulvirenti, A Kac model for fermions, *Arch. Rational Mech. Anal.* **216**, 359–413 (2015)

deriviamo in maniera rigorosa, a partire da un sistema di particelle stocastico (detto “*modello di Kac*”), un modello cinetico la cui statistica è descritta da un'equazione di

tipo Uehling-Uhlenbeck fermionica omogenea. Nel lavoro si tiene conto del Principio di Esclusione di Pauli introducendo, nel modello di Kac, una griglia di lato  $\delta$  nello spazio delle velocità, e considerando solo le configurazioni dette *ammissibili*, i.e. quelle in cui ciascuna cella contiene al più una particella. Seguendo la strategia di Lanford, l'equazione cinetica è ottenuta dunque nel limite  $N \rightarrow \infty$ ,  $\delta \rightarrow 0$ , con  $N\delta^3$  finito.

Un'ulteriore linea di ricerca, nell'ambito dei cosiddetti “scaling limits”, ha riguardato lo studio del limite di Lebowitz-Penrose per modelli di Ising anisotropi. In particolare, nel lavoro

- M. Cassandro, M. Colangeli and E. Presutti, Highly Anisotropic Scaling Limits, *Journal of Statistical Physics* **162**, 997–1030 (2016)

consideriamo un modello di Ising in  $d = 2$  dimensioni, in cui gli spin su una stessa linea orizzontale interagiscono tramite un potenziale di Kac (a lungo raggio), mentre l'interazione verticale è tra primi vicini, con entrambe le interazioni (verticale ed orizzontale) di tipo ferromagnetico. La temperatura è fissata pari a 1, corrispondente al valore critico nella teoria di campo medio (senza interazioni verticali), in modo che la teoria di campo medio per il solo potenziale di Kac non preveda una magnetizzazione spontanea. Nel loro lavoro, Fontes *et al.* (*Layered systems at the mean field critical temperature*, *J. Stat. Phys.* 161, 91–122 (2015)) mostrano che una piccola interazione verticale è di fatto sufficiente a produrre una transizione di fase, almeno per valori piccoli del parametro di Kac  $\gamma$ . Gli autori, pertanto, studiano un modello con poche interazioni verticali (caratterizzate da una struttura a scacchiera) e sfruttano le disuguaglianze di Ginibre, secondo cui se una magnetizzazione spontanea è presente nel modello con poche interazioni verticali sarà presente anche nel modello originale. Nel nostro lavoro, invece, consideriamo il limite di Lebowitz-Penrose (i.e. prima il volume viene mandato ad infinito e poi il parametro  $\gamma$  a zero) per il modello originale: deriviamo, dunque, un risultato rigoroso nuovo, non trattato dalla teoria originale di Lebowitz e Penrose.

La mia attività di ricerca si è anche occupata di sistemi di particelle dissipativi. In particolare, i modelli che ho studiato in collaborazione con E. Presutti e A. De Masi, sono sistemi di particelle interagenti su reticolo in  $d = 1$  dimensioni, che mostrano una corrente di materia non nulla, nonostante il sistema non sia sottoposto ad alcun campo esterno. Questi modelli sono caratterizzati dalla presenza di una “*transizione di fase dinamica*”, basata sul cosiddetto *tunneling* tra diversi stati: uno stato con corrente positiva ed uno con corrente opposta. Per fare un'analogia con le transizioni di fase di equilibrio, si consideri il modello di Ising in  $d = 2$  dimensioni in un volume finito con interazioni di primo vicino ferromagnetiche. Facendo evolvere il sistema con una dinamica di tipo Glauber ad una temperatura inferiore a quella critica, si osservano, tipicamente, lunghi intervalli di tempo in cui la magnetizzazione è positiva alternarsi ad altri in cui la magnetizzazione è negativa. Nel nostro caso, l'analogo della magnetizzazione di equilibrio è la corrente, poiché abbiamo due stati con valori opposti della corrente. Tuttavia, i tempi delle nostre simulazioni sono inferiori ai tempi caratteristici del tunneling, pertanto osserviamo solamente una delle due correnti (a seconda della configurazione iniziale scelta) che appare pertanto, sulle scale di tempi considerate, “stazionaria”. In particolare, nel lavoro

- M. Colangeli A. De Masi and E. Presutti, Latent heat and the Fourier Law, *Physics Letters A* **380**, 1710–1713 (2016)

presentiamo i risultati di una serie di simulazioni Monte Carlo di un automa cellulare probabilistico che descrive un sistema di particelle in  $d = 1$  dimensioni, in contatto con

due *reservoirs* ai bordi che mantengono due diversi valori di densità. Nel lavoro fissiamo i parametri del modello in modo che vi sia una transizione di fase di tipo van der Waals, e osserviamo che se le densità ai bordi sono *metastabili* allora, dopo un transiente temporale, il sistema raggiunge un regime apparentemente stazionario in cui la corrente di particelle va dal reservoir con densità più bassa a quello con densità più alta.

Inoltre, la mia attività di ricerca ha anche riguardato una classe speciale di sistemi diffusivi, noti come Processi di Zero Range (ZRP), introdotti da Sptizer nel 1970 (*Interaction of Markov processes*, Adv. Math. 5, 246–290 (1970)). I ZRP descrivono sistemi di particelle su reticolo in  $d = 1$  dimensioni che saltano da un sito ad un altro con un'intensità che dipende unicamente dal numero di particelle sul sito di partenza. Nel lavoro

- E. Cirillo, M. Colangeli and A. Muntean, Effects of communication efficiency and exit capacity on fundamental diagrams for pedestrian motion in an obscure tunnel – a particle system approach, *Multiscale Model. Simul.* **14**, 906–922 (2016),

studiamo, in particolare, l'effetto sulla dinamica di due parametri mesoscopici, detti *di soglia*, che parametrizzano le intensità di salto sul reticolo. Tale coppia di parametri consente, in particolare, di modificare la dinamica di particelle variando da un modello costituito da moti browniani indipendenti fino ad un modello mappabile in un processo di simple exclusion (i.e. un cosiddetto *lattice gas fermionico*). Nel lavoro consideriamo dunque il limite idrodinamico del modello, e la dinamica macroscopica risultante mostra una dipendenza non banale dai parametri mesoscopici di soglia: ciò permette, in particolare, di interpretare una serie di rilevanti dati sperimentali, relativi a modelli di *traffico* e alla *dinamica di pedoni*, come ad esempio l'andamento della velocità di movimento in funzione della densità locale di pedoni (cf. A. Seyfried *et al.*, *The fundamental diagram of pedestrian movement revisited*, J. Stat. Mech. P10002 (2005)) o l'andamento, in generale non monotono, del coefficiente di diffusione al variare della densità.

ATTIVITÀ DI  
REFERAGGIO

- Physical Review Letters (American Physical Society);
- Physical Review E (American Physical Society);
- Journal of Statistical Physics (Springer);
- Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical (IOP Publishing);
- Journal of Statistical Mechanics (IOP Publishing);
- European Journal of Physics (IOP Publishing);
- Physica Scripta (IOP Publishing);
- New Journal of Physics (IOP Publishing);
- Chaos, Solitons & Fractals (Elsevier);
- Fluctuation and Noise Letters (World Scientific);
- Entropy (Molecular Diversity Preservation International);
- Journal of Non-Equilibrium Thermodynamics (De Gruyter).

ATTIVITÀ EDITORIALE

- **Review Editor** della Rivista *Frontiers in Physics* (Frontiers Media SA) (dal 2015);  
*webpage:* <http://loop.frontiersin.org/people/177079/overview>
- **Editor** della Rivista *Chaos, Solitons & Fractals* (Elsevier) per la Special Issue “Nonequilibrium Statistical Mechanics: Fluctuations and Response” (2014);  
*webpage:* <http://www.sciencedirect.com/science/journal/09600779/64>
- **Editor** della Rivista *European Physical Journal* (EDP Sciences, Società Italiana di Fisica and Springer) per la Special Issue “Aspects of Statistical Mechanics and Dynamical Complexity” (2016);  
*webpage:* <http://www.epj.org/open-calls-for-papers/85-epj-st/1025-epjst-special-issue-aspects-of-statistical-mechanics-and-dynamical-complexity>

ATTIVITÀ DIDATTICA  
E DI TUTORSHIP

INSEGNAMENTI

**ETH Zürich:**

- *Primo semestre, anno accademico* 2005-2006: Complex fluids (**esercitatore**);
- *Secondo semestre, a.a.* 2005-2006: Thermodynamics and Statistical Mechanics (**esercitatore**);
- *Primo semestre, a.a.* 2006-2007: Complex fluids (**esercitatore**);
- *Secondo semestre, a.a.* 2006-2007: Thermodynamics and Statistical Mechanics (**esercitatore**);
- *Secondo semestre, a.a.* 2007-2008: Thermodynamics and Statistical Mechanics (**esercitatore**);
- *Primo semestre, a.a.* 2008-2009: Theoretical Polymer Physics (**esercitatore**);

**Politecnico di Torino:**

- *Secondo semestre, a.a.* 2010-2011: Istituzioni di matematiche (**docente**, corso di 40 ore);
- *Primo semestre, a.a.* 2011-2012: Sistemi Complessi (**docente**, corso di Master):
  - Applicazioni della Teoria dei Sistemi Dinamici a Modelli Sociali;
  - Modelli di traffico;
  - L’equazione di Boltzmann;
  - Meccanica statistica di fluidi molecolari;
- *Secondo semestre, a.a.* 2011-2012: Matematica Applicata (**docente**, corso di 60 ore):
  - Equazioni della Fisica Matematica;
  - Introduzione alla Teoria Cinetica dei gas;

– Nozioni di Processi Stocastici.

**Gran Sasso Science Institute:**

- *Primo semestre, a.a. 2015-2016:* Processi di tipo Zero Range: teoria e simulazioni numeriche (**docente**; parte del corso di Meccanica Statistica tenuto dal Prof. E. Presutti).

ATTIVITÀ DI TUTOR ACCADEMICO

**ETH Zürich:**

- Tutor di due studenti di Laurea in Materials Science presso il Polymer Physics Lab (“Forschungslabor”) durante gli anni accademici 2006-2007 e 2007-2008.

**Politecnico di Torino:**

- Tutor di uno studente di Dottorato in Matematica durante gli a.a. 2011-2012 and 2012-2013.

**Gran Sasso Science Institute:**

- Co-advisor di uno studente di Dottorato in Matematica durante l’a.a. 2015-2016.

COMUNICAZIONI A  
CONVEGNI  
NAZIONALI ED  
INTERNAZIONALI

- “Mathematics of Model Reduction”, University of Leicester, U.K. (2007).  
Talk: *From hyperbolic regularization to exact hydrodynamics via simple kinetic models.*
- Statistical Mechanics seminar, Institute for Theoretical Physics, K.U. Leuven, Belgio (2009).  
Talk: *Eigen-closure and existence of hydrodynamic manifolds.*
- Statistical Mechanics and Complexity Seminar, “Sapienza” Università di Roma, Italia (2009).  
Talk: *From Boltzmann equation to hydrodynamics: the lesson of coarse-graining.*
- “Journées Systèmes Ouverts”, Institut Fourier, Laboratoire de mathématiques, Grenoble, Francia (2009).  
Talk: *Eigen-closure and existence of hydrodynamic manifolds.*
- “Open Statistical Physics”, The Open University, U.K. (2010).  
Talk: *Derivation of exact linear hydrodynamics from the Boltzmann Equation.*
- Dynamical Systems and Statistical Physics Seminar, School of Mathematical Sciences, Queen Mary University of London, U.K. (2010).  
Talk: *Projection operator approach in solving the Boltzmann equation.*

- Physics Department, Università Cattolica di Brescia, Italia (2011).  
Talk: *Fluctuation relations in nonequilibrium statistical mechanics: new perspectives on the the Gallavotti-Cohen and the Evans-Searles approaches.*
- “XVI Convegno Nazionale di Fisica Statistica e dei Sistemi Complessi”, Italia (2011).  
Talk: *Projection operator methods in nonequilibrium response theory.*
- “Nonequilibrium Processes: The Last 40 Years and the Future” Workshop, Obergurgl, Tirolo, Austria (2011).  
Talk: *Projection operator methods in nonequilibrium response theory.*
- Meteorological Institute, University of Hamburg, Germania (2011).  
Talk: *Coarse-graining methods in statistical mechanics: the Boltzmann equation and Hydrodynamics.*
- Meteorological Institute, University of Hamburg, Germania (2011).  
Talk: *Nonequilibrium statistical mechanics and fluctuation relations.*
- Laboratoire Matière et Systèmes Complexes, Université Paris Diderot, Francia (2012).  
Talk: *Fluctuation-dissipation relation for dissipative systems.*
- Laboratoire de Physique Théorique et Modèles Statistiques, Université Paris 11, Francia (2012).  
Talk: *Fluctuation-dissipation relation for dissipative systems.*
- Laboratoire de Physique de l’ENS de Lyon, Lione, Francia (2012).  
Talk: *Fluctuation-dissipation relation for dissipative systems.*
- “Nonequilibrium Statistical Mechanics and the Theory of Extreme Events in Earth Science”, University of Reading, U.K. (2013).  
**Invited Talk:** *Fluctuation Relations and Fluctuation-Dissipation Theorems in chaotic dissipative maps.*
- Centre de Physique Théorique, Marsiglia, Francia (2013).  
Talk: *Fluctuation-Dissipation Theorems for non-Hamiltonian systems.*
- “Stochastic Parameterisation in Weather and Climate Models” Workshop, University of Bonn, Germania (2013).  
**Invited Talk:** *Expanding around equilibrium: a novel perspective in Response Theory.*
- “Mathematics for the Fluid Earth” Workshop, Isaac Newton Institute for Mathematical Sciences, Cambridge, U.K. (2013).  
**Invited Talk:** *On the use of Ruelle’s formalism in response theory.*
- Department of Innovative Technologies, University of Applied Sciences and Arts of Southern Switzerland, Lugano, Svizzera (2013).  
**Invited Talk:** *A short survey of some modern aspects of Thermo-fluid dynamics.*
- Elsevier Workshop, Amsterdam, Paesi Bassi (2013).  
**Invited Talk:** *On the use of Ruelle’s formalism in response theory.*
- Mathematics Dept., Universidade Federal de Minas Gerais, Brasile (2014).  
Talk: *On the use of Ruelle’s formalism in response theory.*
- Statistics Dept., Universidade Federal de Minas Gerais, Brasile (2014).  
Talk: *On the use of Ruelle’s formalism in response theory.*

- Centre for Analysis, Scientific computing and Applications, Eindhoven University of Technology, Paesi Bassi (2015).  
**Invited Talk:** *Fluctuation-Dissipation relations in nonequilibrium statistical mechanics.*
- 7<sup>th</sup> International Workshop and Summer School on Nonequilibrium Thermodynamics, Hilvarenbeek, Paesi Bassi (2015).  
**Invited Talk:** *Threshold effects and fluctuation-response relations in Zero Range Processes.*
- “Simulation of Rare Events” Workshop, Eindhoven University of Technology, Paesi Bassi (2016).  
**Invited Talk:** *Latent Heat and the Fourier Law.*
- Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Modena, Italia (2016).  
Talk: *Latent Heat and the Fourier Law.*

PREMI E  
RICONOSCIMENTI

**Giugno 2009: Research Grant** di 1 anno ottenuto dalla Swiss National Science Foundation, per il progetto di ricerca “*Fluctuation relations in nonequilibrium phenomena*” da svolgersi presso la School of Mathematical Sciences della Queen Mary University of London (U.K.).

**Luglio 2010: Research Grant** di 6 mesi ottenuto dalla Swiss National Science Foundation, per il progetto di ricerca “*Fluctuation relations in nonequilibrium phenomena*” da svolgersi presso la School of Mathematical Sciences della Queen Mary University of London (U.K.).

**Gennaio 2012: Editor** della Rivista *Chaos, Solitons & Fractals* (Elsevier) per la Special Issue: “Nonequilibrium Statistical Mechanics: Fluctuations and Response”.

**Agosto 2013: Research Grant** di 2 anni e 9 mesi (nell’ambito del programma scientifico “Science without Borders -Young Talent Attraction”) ottenuto dalle agenzie federali brasiliane CNPq and CAPES, per un progetto di ricerca volto allo studio di alcuni aspetti rigorosi della meccanica statistica, da realizzarsi presso il Dip. di Matematica della Universidade Federal de Minas Gerais (Brazil), in collaborazione con il Prof. A. Procacci.

**Novembre 2013: Invited Speaker** alla conferenza “Mathematics for the Fluid Earth”, presso lo Isaac Newton Institute for Mathematical Sciences, in Cambridge (U.K.).

**Dicembre 2013: Abilitazione Scientifica Nazionale** in Fisica Matematica come **Professore Associato** (validità Abilitazione: 3 Dicembre 2019).

**Gennaio 2014: Qualifica francese di Maître de Conférences** in *Mathématiques appliquées et applications des mathématiques.*

**Marzo 2014: Primo classificato** nel “postdoc final ranking” del Gran Sasso Science Institute.

**Novembre 2015: Review Editor** della Rivista *Frontiers in Physics* (Frontiers Media SA).



**Gennaio 2016: Editor** della Rivista *European Physical Journal* (EDP Sciences, Società Italiana di Fisica and Springer) per la Special Issue “Aspects of Statistical Mechanics and Dynamical Complexity”.

REFERENTI  
SCIENTIFICI

**Gran Sasso Science Institute, Italia:**

- Errico Presutti (Matematica),  
errico.presutti@gmail.com

**"Sapienza" Università di Roma, Italia**

- Emilio Cirillo (Dipartimento di Scienze di Base e Applicate per l'Ingegneria),  
emilio.cirillo@uniroma1.it

**ETH Zürich, Svizzera:**

- Hans Christian Öttinger (Polymer Physics),  
hco@mat.ethz.com

COMPETENZE  
INFORMATICHE

**Sistemi operativi:** Linux Ubuntu, Microsoft Windows, Mac OS X Yosemite.

**Linguaggi di programmazione:** Unix, L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, Matlab, Mathematica, Fortran, C++.

**Metodi computazionali:** simulazioni Monte Carlo, metodi Lattice Boltzmann, Dinamica molecolare.

COMPETENZE  
LINGUISTICHE

- Italiano (madrelingua)
- Inglese (fluente)
- Portoghese (intermedio)
- Tedesco (intermedio)

L'Aquila, 20 Settembre 2016

Matteo Colangeli