

CURRICULUM VITAE

Giacomo Gradenigo

Indice

1	PAGINA WEB PERSONALE	2
2	INFORMAZIONI PERSONALI	2
3	ISTRUZIONE	2
4	PREMI E RICONOSCIMENTI	3
5	PERCORSO PROFESSIONALE	3
6	IDONEITÀ	4
7	AREE DI RICERCA	4
8	CAPACITÀ INFORMATICHE	11
9	CAPACITÀ LINGUISTICHE	11
10	ESPERIENZE DI DIDATTICA	12
11	ORGANIZZAZIONE DI CONFERENZE	13
12	PARTECIPAZIONE A SCUOLE ESTIVE	13
13	VISITE	14
14	CONTRIBUTI ORALI A CONFERENZE	15
15	PUBBLICAZIONI E ARBITRAGGIO	20

1 PAGINA WEB PERSONALE

<http://www.giacomogradenigo.it/>

2 INFORMAZIONI PERSONALI

- Data e luogo di nascita: 19 Marzo 1981, Dolo (VE), Italia.
- Nazionalità: Italiana
- Stato: coniugato, una figlia.
- Indirizzo professionale: Dipartimento di Fisica, "Sapienza" Università di Roma, Piazzale A. Moro 2, 00185 Roma.
- Email: ggradenigo@gmail.com

3 ISTRUZIONE

Laurea (quadriennale Vecchio Ordinamento)

- **Laurea Vecchio Ordinamento** - Università di Padova, Dipartimento di Fisica, 22-03-2006, Padova, Italia.
- Voto: 110/110
- Relatore: **Prof. Giancarlo Benettin**.
- Titolo: "Studio degli scambi di energia in prossimità dell'equilibrio in sistemi di Fermi-Pasta-Ulam mono e bidimensionali" ("Study of energy exchanges in the vicinity of equilibrium for mono and bidimensional FPU systems").

Dottorato

- **Diploma di Dottorato in Fisica**: Università di Trento, Dipartimento di Fisica, 12-11-2009, Trento, Italia.
- Relatore: **Dr. Paolo Verrocchio**.
- Titolo: "The study of surface tension within the Random First-Order Transition theory of glass transition" (IT: "Studio della tensione di superficie nell'ambito della teoria denominata "Random First-Order Transition" per la transizione vetrosa). Il manoscritto della mia tesi di dottorato è reperibile all'indirizzo: "<http://eprints-phd.biblio.unitn.it/136/>".

- Commissari tesi dottorato:
 - **Prof. Leticia F. Cugliandolo**, Laboratoire de Physique Théorique et Hautes Energies, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI.
 - **Prof. Walter Kob**, Laboratoire Charles Coulomb, Université Montpellier II.
 - **Prof. Stefano Giorgini**, Dipartimento di Fisica, Università di Trento

4 PREMI E RICONOSCIMENTI

Vincitore di un finanziamento di un anno erogato da “LabEx PALM” (Consorzio di laboratori dell’area di Parigi sud, <https://www.labex-palm.fr/>) per una “Cattedra Junior CNRS”. Finanziamento conferito al progetto NSGTEA (“*Nuove strategie per la transizione vetrosa: dalle teorie di equilibrio alla dinamica di invecchiamento*”), scritto e presentato in collaborazione con il Dr. Giulio Biroli e il Prof. Silvio Franz.

5 PERCORSO PROFESSIONALE

- **Dicembre 2009 - Novembre 2012**: Assegno di ricerca post-dottorato presso “Istituto Sistemi Complessi” (ISC-CNR) e “Sapienza”, università di Roma. Ricerca finanziata dal progetto FIRB-IDEAS “*Granular Gases to explore Non-Equilibrium Statistical Mechanics*” (N. RBID08Z9JE), coordinato dal Dr. Andrea Puglisi.
- **Dicembre 2012 - Novembre 2013**: Assegno di ricerca post-dottorale presso “Institut de Physique Théorique (IPhT)”, CEA, Saclay, Francia. Lavoro di ricerca svolto nell’ambito del progetto “*New Strategies for the Glass Transition: from Equilibrium theories to Aging dynamics*”, realizzato in collaborazione con il Dr. Giulio Biroli (CEA, Saclay) ed il Prof. Silvio Franz (LPTMS, Orsay).
- **Dicembre 2013 - Novembre 2014**: Titolare di un cattedra junior, “Chair Junior CNRS”, del CNRS presso “Laboratoire de Physique Théorique et Modèles Statistiques (LPTMS)”, Université Paris-Sud, Francia. Questa cattedra junior è stata finanziata dal consorzio di laboratori “LabEx PALM” per il progetto “*New Strategies for the Glass Transition: from*

Equilibrium theories to Aging dynamics” ideato, scritto e presentato in collaborazione con il Dr. Giulio Biroli (CEA, Saclay) ed il Prof. Silvio Franz (LPTMS, Orsay).

- **Dicembre 2014 - Giugno 2017:** Assegno di ricerca post-dottorato presso “Laboratoire Interdisciplinaire de Physique (LIPhy)”, Università “Grenoble-Alpes”, Grenoble, Francia. Assegno finanziato dall’ERC senior “GLASSDEF” del Prof. Jean-Louis Barrat. Lavoro in collaborazione con il Dr. Eric Bertin.
- **Settembre 2017 - Agosto 2019:** Assegno di ricerca post-dottorato presso “Sapienza” Università di Roma. Assegno finanziato dal grant “Simons Foundation” del Prof. Giorgio Parisi. Lavoro in collaborazione con il Dr. Luca Leuzzi.

6 IDONEITÀ

- Febbraio 2014 (validità 4 anni): Idoneità per il posto di “Maître de Conférences” (Assistente Professore) in Francia.
- Marzo 2014: Terzo classificato (idoneo) per un posto di “Lecturer” (Ricercatore) al King’s College di Londra, Gran Bretagna.
- Agosto 2017 (validità 6 anni): Idoneità a Professore di II Fascia per l’area FIS 02/A2, “Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali”.
- Agosto 2017 (validità 6 anni): Idoneità a Professore di II Fascia per l’area FIS 02/B2, “Fisica Teorica della Materia”.

7 AREE DI RICERCA

DESCRIZIONE GENERALE

Nell’ambito della meccanica statistica ci sono due grandi classi di sistemi che hanno proprietà di *non-equilibrio* interessanti.

Sistemi dissipativi

Da una parte si trovano i **sistemi di non-equilibrio stazionari**. Si tratta dei sistemi che, preparati in una qualsiasi condizione iniziale, raggiungono rapidamente lo stato stazionario, il quale però ha delle proprietà che non sono

descritte dalla meccanica statistica di equilibrio. Un ottimo esempio è quello dei **gas granulari**, in cui le particelle collidono con **urti dissipativi**. I gas granulari sono un ottimo “sistema modello” per studiare le proprietà che in generale caratterizzano i sistemi in cui la dissipazione e l’approvvigionamento di energia avvengono con meccanismi indipendenti, ovvero non si possono descrivere tramite il contatto con un (unico) bagno termico. In assenza dell’universalità della descrizione “all’equilibrio termodinamico”, i modelli matematici che permettono di mettere in relazione le variabili microscopiche di questi sistemi con le loro proprietà macroscopiche, ovvero la **descrizione meccanico-statistica** dei sistemi stessi, **dipende** generalmente **dalla forma specifica delle interazioni**, ovvero **dai meccanismi particolari di iniezione e dissipazione dell’energia**. La predizione di proprietà come la dipendenza di determinate suscettività dai parametri di controllo macroscopici, oppure la forma funzionale della risposta del sistema ad una perturbazione esterna, non hanno il carattere di universalità che si trova nell’ambito della meccanica statistica di equilibrio, ovvero la teoria degli ensemble classici. I sistemi in cui la presenza di dissipazione dell’energia impedisce di utilizzare gli strumenti della meccanica statistica di equilibrio sono in realtà la maggior parte di quelli con cui veniamo in contatto tutti i giorni. Il tentativo di cercare la **descrizione più generale possibile** di questo genere di sistemi, che ha portato alla scoperta di simmetrie come la **relazione di fluttuazione di Gallavotti-Cohen**, rimane una delle sfide più grosse ancora aperte della meccanica statistica. Una parte consistente della mia ricerca si è concentrata sullo studio di questo genere di problemi.

Sistemi vetrosi

Un’altra classe di sistemi con proprietà di *non-equilibrio* molto interessanti è rappresentata dai **sistemi vetrosi**, ovvero quelli che, molto in generale, presentano un certo grado di frustrazione nelle interazioni. Un esempio classico è quello dei modelli su reticolo tipo Ising ma con interazioni disordinate, i cosiddetti **vetri di spin**. Un altro esempio sono i cosiddetti “**liquidi complessi**”, miscele di particelle di diverse taglie con gradi di libertà spaziali nel continuo, tipicamente in tre dimensioni, ed interagenti con potenziali molecolari tipo Lennard-Jones. Per questa classe di sistemi, poichè sono caratterizzati da interazioni che conservano l’energia, vale la descrizione fornita dalla meccanica statistica di equilibrio. È tuttavia opinione diffusa che la loro fase di bassa temperatura sia caratterizzata da una transizione di fase molto particolare, la **transizione vetrosa**. Quest’ultima è caratterizzata dal fatto di presentare una **rottura di ergodicità** non accompagnata da una rottura spontanea di simmetria per i gradi di libertà configurazionali del sistema. In tutte le più comuni transizioni di fase, come la magnetizzazione o la cristallizzazione, c’è una rottura di ergodicità, che però corrisponde sempre alla rottura spontanea di una simmetria dell’Hamiltoniana. Rispettivamente l’inversione di tutti gli spin per la magnetizzazione e l’invarianza per traslazioni nel caso della cristallizzazione. Per questo motivo l’**evidenza diretta** dell’esistenza della transizione vetrosa è rimasta **elusiva nel corso degli anni**. Si ritiene un’evidenza indiretta del-

la sua esistenza l'osservazione nei sistemi amorfi di **regimi transienti** che si prolungano **su scale di tempo macroscopiche** o addirittura superiori alla durata stessa degli esperimenti. Si pensi al comunissimo vetro delle finestre, da un punto di vista configurazionale del tutto somigliante ad un liquido, ma che risponde agli stimoli esterni come un solido. È per queste ragioni che anche i sistemi vetrosi sono legati ad interessanti **fenomeni di non equilibrio**. I quali fenomeni, in questo caso, non sono legati al meccanismo con cui l'energia viene assorbita o dissipata dal sistema, ma piuttosto al fatto che le (iper-) **superfici ad energia costante** nello spazio delle fasi hanno una **topologia molto complicata**, ed il sistema impiega molto tempo per visitare tutto lo spazio delle fasi compatibile con i vincoli termodinamici assegnati. Si parla in questo caso di **non-equilibrio non stazionario**: la distribuzione di probabilità stazionaria è quella di Boltzmann, ma il sistema può impiegare un tempo arbitrariamente grande a campionarla. Un esempio classico di **rottura di ergodicità**, seppure con delle diversità rispetto alla fisica dei vetri, si trova pure nell'ambito della **fisica dei sistemi non-lineari**. Si tratta del famoso **esperimento numerico di Fermi, Pasta ed Ulam del 1954**, precursore di tutti gli studi numerici in meccanica statistica. In questo caso si parla di “non-equilibrio” proprio in riferimento alla scala di tempo macroscopica che il sistema impiega ad allontanarsi dalla condizione iniziale. Quale relazioni vi sia tra il problema di Fermi-Pasta-Ulam e la rottura di ergodicità nei sistemi vetrosi è ad oggi uno dei problemi aperti più interessanti nell'ambito della meccanica statistica.

Altri argomenti

Un altro problema significativo nell'ambito del mie interessi di ricerca è stato ed è tuttora lo studio dei processi stocastici caratterizzati da **diffusione anomala** e più in particolare lo studio dei regimi cosiddetti di “**grandi deviazioni**”.

Metodi

La mia ricerca, cominciata nel 2008 appunto con un lavoro sul problema di Fermi-Pasta-Ulam, si è rivolta ad entrambi le classi di problemi descritti sopra, con un utilizzo importante sia di **tecniche analitiche** che di **metodi numerici**. In entrambi in casi si tratta infatti di studiare i comportamenti collettivi di sistemi con molti gradi di libertà ed interazioni altamente non-lineari, una situazione in cui la simulazione numerica, sia di dinamiche deterministiche che di dinamiche stocastiche, risulta uno strumento essenziale.

Ovviamente ci sono pure le situazioni in cui si possono dare predizioni con strumenti analitici. Nell'ambito dei **sistemi vetrosi** e più in generale nella meccanica statistica di equilibrio, questo succede quando le variabili del sistema e le loro interazioni si possono rappresentare su di un **grafo denso**, nel qual caso si può dimostrare che le soluzioni cosiddette di “campo-medio” sono esatte. Un altro esempio di sistemi che si possono risolvere esattamente su cui mi è capitato

di lavorare sono i **sistemi unidimensionali**, per i quali si possono utilizzare tecniche di matrici di trasferimento. Nell'ambito dei **sistemi di non-equilibrio stazionari** questo invece succede quando si studiano piccole perturbazioni dello stato stazionario e si lavora nel regime di “risposta-lineare”. In questo regime è possibile ad esempio studiare la versione linearizzata delle equazioni dell'idrodinamica del sistema.

Qui di seguito un elenco più dettagliato di problemi specifici di cui mi sono occupato negli ambiti sopra descritti.

PROBLEMI SPECIFICI

Meccanica statistica di non equilibrio

- Meccanica statistica di sistemi dissipativi

Problema: validità della termodinamica efficace di Edwards per un sistema in una dimensione spaziale caratterizzato dalla presenza di attrito secco. Strumenti teorici: tecniche di matrici di trasferimento, teorie di campo, equazione di Langevin con rumore colorato. Metodi numerici: simulazioni di dinamica molecolare.

- Sistemi Granulari

Problema: comportamento di fluttuazioni e correlazioni di non-equilibrio in fluidi granulari bidimensionali; studio della produzione di entropia legata a queste fluttuazioni. Strumenti teorici: equazioni dell'idrodinamica fluttuante, formula di Onsager-Machlup per la probabilità delle traiettorie nello spazio delle fasi di un sistema stocastico. Metodi numerici: dinamica molecolare “event-driven”.

- Produzione di Entropia e Grandi Deviazioni

Problema: studio delle Grandi Deviazioni della produzione di entropia in un modellino di campo medio di gas granulare, relazione tra Teorema di Fluttuazione e Grandi Deviazioni. Strumenti teorici: studio della funzione generatrice dei momenti col metodo di punto sella. Metodi numerici: simulazioni di dinamica molecolare.

- Diffusione Anomala in sistemi fuori dall'equilibrio

Problema: studio della superdiffusione indotta da un campo esterno in modelli detti di “Continuous Time Random Walks” ed in modelli di vetri con vincoli cinetici. Strumenti teorici: Continuous Time Random Walks, “master equation” per la distribuzione di probabilità degli spostamenti. Metodi numerici: algoritmi Monte-Carlo in tempo continuo.

Sistemi Vetrosi

- Ordine Amorfo nei Vetri

Problema: definizione dell'ordine amorfo nei liquidi sottoraffreddati, studio di lunghezze di correlazione statiche e dinamiche, comportamento della lunghezza detta "point-to-set"; influenza sulle proprietà della transizione vetrosa da parte della geometria in cui il liquido si trova confinato; eterogeneità dinamiche nei vetri, funzioni di correlazione a quattro punti. Strumenti teorici: teoria detta "Random First-Order Transition" per i vetri, modello p-spin di Kac, potenziale di Franz-Parisi, teoria di campo delle repliche. Metodi numerici: algoritmi Monte Carlo con mosse non-locali, simulazioni di liquidi in geometrie confinate, algoritmi Monte Carlo con vincolo sull'overlap (linguaggio C).

- Modelli con Vincoli Cinetici

Problema: natura della "transizione vetrosa", fenomeno dinamico o singolarità termodinamica? studio di singolarità termodinamiche in modelli con vincoli cinetici. Strumenti teorici: modelli a placchette per i vetri, metodo della cavità, soluzione esatta su grafi random (Bethe lattice). Metodi numerici: algoritmi Monte-Carlo in tempo continuo, algoritmi deterministici per studiare le proprietà di clustering delle soluzioni di un sistema di N equazioni lineari, nel limite $N \rightarrow \infty$ (linguaggio C).

- Modelli vetrosi per Random Laser

Problema: studio del diagramma di fase di modelli vetrosi per il comportamento dei modi del campo elettromagnetico nei random laser. Strumenti teorici: soluzioni di campo medio per modelli di spin glass sferico (con variabili complesse) con interazioni a 4 corpi su grafi densi. Metodi numerici: simulazioni Monte-Carlo dello spin glass sferico con interazioni a 4 corpi su grafi densi ma non completi, parallelizzazione del calcolo con l'utilizzo di schede grafiche (GPUs), linguaggio CUDA-C.

POSSIBILI NUOVI SVILUPPI

A partire dalle competenze acquisite e dagli interessi maturati in questi anni descrivo qui sotto due ipotetiche linee di ricerca che vorrei aprire/approfondire nel corso dei prossimi anni.

Rottura di ergodicità in problemi non-lineari: un approccio termodinamico.

La rottura di ergodicità non è un fenomeno che si trova solamente nei sistemi vetrosi, è anche frequente nei sistemi ordinati con interazioni non lineari, tipicamente in una dimensione spaziale, nei quali si presenta tuttavia con un “aspetto” diverso. In questi ultimi è associata alla formazione di eccitazioni localizzate caratterizzate da una dinamica molto lenta, generalmente assenti nei sistemi disordinati.

Il paradigma per la rottura di ergodicità nell’ambito di una descrizione termodinamica dei sistemi disordinati è rappresentato dalla cosiddetta “**rottura spontanea di simmetria delle repliche**”. Le proprietà ed il significato fisico delle soluzioni a simmetria delle repliche rotta, pur essendo queste ultime soluzioni esatte della termodinamica solo nel caso di sistemi in dimensionalità infinita (grafi completi), sono generalmente accettati come il giusto paradigma descrittivo anche per la fisica di bassa temperatura dei sistemi vetrosi in dimensione finita. Il formalismo matematico di queste soluzioni esprime l’idea di base che il volume dello spazio delle fasi si suddivida in **componenti ergodiche disconnesse**, tutte ugualmente compatibili con i vincoli termodinamici imposti.

I sistemi **non-lineari unidimensionali** in cui si presenta rottura di ergodicità, almeno per un transiente molto lungo, sono i modelli tipo **Fermi-Pasta-Ulam** e oppure tipo l’equazione di **Schrödinger non-lineare**. In entrambi i casi **non vi è disordine** nelle interazioni. Si verificano fenomeni come la **localizzazione dell’energia** per tempi molto lunghi su sottoinsiemi dei gradi di libertà del sistema: il pacchetto di modi normali della catena di oscillatori nel caso del modello Fermi-Pasta-Ulam, oppure eccitazioni localizzate spazialmente come i solitoni o i cosiddetti “**breathers**” nell’equazioni di Schrödinger non-lineare. In entrambi i casi la rottura di ergodicità si manifesta come la **mancanza di equipartizione** tra i gradi libertà del sistema. Queste diverse forme di localizzazione dell’energia e la mancanza di equipartizione non si ritrovano in generale nei sistemi disordinati descritti dalle soluzioni a simmetria delle repliche rotte.

La grossa domanda che quindi uno si pone è quale relazione vi sia tra i due diversi modi di rompere l’ergodicità distintivi di queste due classi di sistemi. Davvero nei sistemi descritti da soluzioni a simmetria delle repliche rotte non si possono trovare allo stesso tempo delle **fasi localizzate**? E, dalla parte opposta, forse che sia possibile introdurre il formalismo delle repliche *anche in assenza di disordine* per uno **studio della termodinamica dei modelli tipo Fermi-Pasta-Ulam**, eventualmete mettendo in luce l’esistenza di soluzioni non banali?

Cercare di dare una risposta a questo genere di domande, facendo uso degli strumenti teorici e numerici acquisiti nel corso degli anni passati, è uno dei miei obiettivi per il futuro. Vorrei capire entro che limiti è possibile **descrivere all'interno di un unico scenario la rottura di ergodicità nei sistemi non-lineari ordinati ed in quelli disordinati**, se e come è possibile che all'interno di una fase vetrosa delocalizzata e con equipartizione dell'energia ne emerga una localizzata dove l'equipartizione dell'energia viene persa.

Transizioni di fase in algoritmi di inferenza

Le proprietà termodinamiche dei sistemi disordinati, in particolare la natura delle transizioni vetrose, sono intimamente connessi alle “transizioni di fase” che si possono osservare nell’ambito di problemi di inferenza. Se da una parte la meccanica statistica dei sistemi disordinati si occupa di studiare le fasi ad ergodicità rotta di un sistema disordinato, ovvero le proprietà delle configurazioni campionate all’equilibrio termodinamico per un assegnato insieme di interazioni, dall’altra il problema si può pure capovolgere. Assegnato un insieme di dati “sperimentali” è comune porsi il problema di voler inferire il modello (sistema di interazioni) che li ha generati: questo è noto come il “**problema inverso**”. Da un punto di vista della ricerca di base, l’approccio costruttivo al problema del “**machine learning**” è rappresentato dalla ricerca degli algoritmi che risolvono il problema inverso sia nella maniera più efficiente possibile dal punto di vista computazionale che il più possibile accurata dal punto di vista della ricostruzione del modello. Il punto è che nella maggior parte dei casi tra il modello che ha generato i dati ed i dati stessi vi è un “**rumore**”. Con ciò si intende il fatto che i dati a nostra disposizione, oltre ad essere espressione della relazione di cause ed effetti che li ha generati, cioè il modello originario, sono soggetti a **fluttuazioni/alterazioni casuali** dovute al contatto con l’ambiente, o ad una parte intrinsecamente aleatoria del processo che li ha generati. Si pensi, come esempio, alla trasmissione di un’immagine via cavo, il segnale di arrivo può essere alterato/corrotto rispetto al segnale di partenza. La situazione più comune è quella in cui il problema di inferire un modello dipende da un parametro, l’ampiezza del “rumore”. Il problema sta poi nel fatto che **al variare dell’ampiezza del rumore** si può passare da un **regime in cui è possibile inferire** il modello generativo ad un **regime in cui è impossibile**. Ci si trova di fronte ad una vera e propria **transizione di fase**, e non è una coincidenza che vi sia una connessione profonda tra questa e la transizione vetrosa. Si pensi al cosiddetto “blind test” per un algoritmo di inferenza: si generano dati a partire da una regola assegnata e si passano ad un collega chiedendogli di verificare se il suo algoritmo è in grado di risalire alla regola. Si consideri quindi il caso in cui la “regola assegnata” sia l’estraneazione con il peso di Boltzmann delle configurazioni di equilibrio termodinamico di un modello disordinato, per un’assegnata realizzazione del disordine, e che questo modello abbia una transizione vetrosa alla temperatura T_c . Nella situazione appena descritta si verifica quanto segue. Utilizzando le configurazioni estratte temperatura $T > T_c$ l’inferenza degli as-

segnati accoppiamenti disordinati del modello generativo risulterà impossibile al nostro collega. Viceversa egli riuscirà a risalire al del modello generativo a partire dalle configurazioni campionate a $T < T_c$. **La fase termodinamica ad ergodicità rotta** è proprio quella in cui è **possibile ricostruire il modello generativo**, qualora andassero perse tutte le informazioni su di esso ma si avesse a disposizione un grande numero di configurazioni di equilibrio. **Rottura di ergodicità e capacità di fare inferenza vanno insieme.** È per questa ragione che i concetti sviluppati nell'ambito della ricerca sulle transizioni di fase nei sistemi disordinati si stanno rivelando negli ultimi anni estremamente utili ed prolifici nello studio di problemi di inferenza. Una conoscenza approfondita delle tecniche analitiche e dei metodi numerici che ricorrono nell'ambito dello studio dei sistemi disordinati risulta quindi uno strumento molto prezioso per capire le ragioni del funzionamento ed affrontare uno **sviluppo mirato e consapevole di algoritmi di inferenza**. Quest'ultimo è un problema al giorno d'oggi molto comune per via dell'enorme disponibilità di dati da analizzare e l'utilità sia pratica che commerciale associata ad una buona inferenza dei modelli generativi. È perciò mia intenzione promuovere lo sviluppo di una linea di ricerca che abbia come tema principale lo studio delle transizioni di fase nei problemi di inferenza. Da una parte ciò mi permetterebbe di trovare un'applicazione concreta alle conoscenze e metodologie (analitiche e numeriche) acquisite nell'ambito della meccanica statistica dei sistemi disordinati. Dall'altra parte l'apertura di questa linea di ricerca mi darebbe la possibilità di concorrere per i fondi che sempre più frequentemente vengono devoluti allo sviluppo in questo settore, il che avrebbe come naturale conseguenza, in caso di successo, la possibilità di finanziare dottorandi e post-doc.

8 CAPACITÀ INFORMATICHE

- Linguaggi di programmazione: Fortran, C, CUDA-C, C++,Python.
- Sistemi operativi: UNIX, LINUX, Windows.
- Applicativi: Mathematica, Latex, Awk, Gnuplot, Emacs.

9 CAPACITÀ LINGUISTICHE

- **Italiano** (madrelingua), **Inglese** (fluente), **Francese** (fluente).

10 ESPERIENZE DI DIDATTICA

Insegnamento

Nel corso dell'anno accademico 2007/2008, nel corso del mio dottorato all'università di Trento, ho svolto l'attività di **tutor per gli studenti del primo anno del corso triennale in fisica** (contratto di 40 ore). Nel corso di questa attività di tutorato, basata su interazione diretta, ho proposto agli studenti degli esercizi che permettessero loro di assimilare e chiarire i concetti appresi nel corso delle lezioni teoriche del corso.

Lista degli argomenti trattati:

Meccanica: 1) Cinematica; 2) Nozioni fondamentali della meccanica, conservazione dell'energia; 3) Calcolo vettoriale con le forze; 4) Momento angolare; 5) Attrito statico e dinamico. 6) Principio di equivalenza di sistemi inerziali e non inerziali, riferimenti rotanti, forze apparenti.

Termodinamica: 1) Termodinamica di equilibrio; 2) Prima e seconda legge della termodinamica; 3) Termodinamica delle trasformazioni reversibili e irreversibili; 4) Ciclo di Carnot; 5) Produzione di entropia nelle trasformazioni irreversibili.

Correlatore per tesi di laurea

Nel periodo in cui ho svolto il mio lavoro di ricerca post-dottorale sia a Roma presso CNR-ISC che a Parigi nel corso dell'anno in cui ho ottenuto una cattedra junior CNRS presso l'istituto LPTMS di Orsay, ho seguito degli studenti come correlatore per le loro tesi di laurea specialistica in fisica, per un totale di tre studenti:

Roberto Trozzo (Tesi di laurea discussa a Febbraio 2011). Titolo: Studio numerico di un liquido sottoraffreddato in geometria confinata lineare: funzione di correlazione ed energia d'interfaccia. (Ing: Numerical study of a supercooled liquid confined in a slab geometry: correlation functions and interface energy).
Relatori: Prof. G. Parisi, Dr. A. Cavagna.

Alessandro Manacorda (Tesi di laurea discussa a Settembre 2012). Titolo: Un modello di ratchet granulare con attrito. (Ing: A model of granular ratchet with dry friction).
Relatore: Dr. A. Puglisi.

Stefano Spigler (Tesi di laurea discussa a Settebre 2014). Titolo: "Modelli a placchette per sistemi vetrosi" (Ing: "Plaquette models for glasses").
Relatore: Prof. Silvio Franz.

11 ORGANIZZAZIONE DI CONFERENZE

Nel corso della mia carriera mi sono occupato dell'organizzazione di due conferenze e faccio parte del comitato organizzatore di una terza.

Organizzazione Conferenze

- “Non-equilibrium fluctuation-response relations”, l’Isola del Giglio, 5-8 Giugno, 2012.
Comitato organizzatore: Giacomo Gradenigo, Andrea Puglisi, Alessandro Sarracino.
Comitato scientifico: Umberto Marini Bettolo Marconi, Lamberto Rondoni, Angelo Vulpiani.

- “Disordered serendipity: a glassy path to discovery”, Roma, 19-22 Settembre, 2018.
Comitato organizzatore: Daniele Ancora, Valerio Astuti, Fernanda Benetti, Simone Franchini, Giacomo Gradenigo, Gabriele Sicuro.
Comitato scientifico: Andrea Cavagna, Silvio Franz, Irene Giardina, Luca Leuzzi, Andrea Maiorano, Enzo Marinari, Federico Ricci-Tersenghi, Tommaso Rizzo, Francesco Zamponi.

- “40 years of replica symmetry breaking”, Roma, 10-13 Settembre 2019, “Sapienza” Università di Roma.
Comitato Organizzatore: Giacomo Gradenigo, Thibault Lesieur, Giulia Loguercio, Gabriele Sicuro.
Comitato Scientifico: Patrick Charbonneau, Enzo Marinari, Giorgio Parisi, Federico Ricci-Tersenghi, Francesco Zamponi.

12 PARTECIPAZIONE A SCUOLE ESTIVE

1. Luglio 2007, “**16 Scuola Estiva di Calcolo Parallelo**”, Centro di Calcolo del CINECA, Casalecchio di Reno (Bologna), Italia.
2. Luglio 2008, “**Les-Houches Summer School: Long Range Interacting Systems**”, Les-Houches, Francia.

Lista dei relatori per argomento: 1) Fisica Statistica: D. Mukamel, J. Kurchan, D. Dubin; 2) Aspetti matematici: R. S. Ellis, F. Castella; 3) Applicazioni: T. Padmanabhan, B. Turkington, D. Escande, S. Bramwell, A. Pikovsky.

3. Luglio 2013, “**Beg-Rohu Summer School: Disordered Systems**”, Beg-Rohu, Quiberon, Francia.

Lista dei relatori per argomento: 1) Anderson Localization and Beyond: B. Altshuler; 2) Universal features of Slow Dynamics in Random Media: G. Ben Arous; 3) Random Matrix Theory and its Applications: S. Majumdar; 4) Mean-field theory of glassy systems and beyond: G. Parisi.

13 VISITE

- 03/2016: Dipartimento di Fisica di Padova, Italia.
- 12/2015: École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles (ESP-CI), Parigi, Francia.
- 05/2015: Dipartimento di Fisica di “Sapienza”, università di Roma, Italia.
- 11/2014: National Institute for Theoretical Physics (NITheP), Stellenbosch, Sudafrica.
- 05/2014: Laboratoire Interdisciplinaire de Physique (LIPhy), Université Joseph Fourier, Grenoble, Francia.
- 04/2014: Laboratoire Charles Coulomb, Université Montpellier 2, Montpellier, Francia.
- 05/2012: Dipartimento di Fisica di Parma, Parma, Italia.
- 05/2011: “Laboratoire de Physique Théorique et Modèles Statistiques” (LPTMS), Université Paris-Sud, Francia.
- 05/2011: “Institut de Physique Théorique” (IPhT), CEA, Saclay.

- 02/2009: Ospite per un mese del Prof. Tomas Grigera presso “Instituto de Investigaciones Fisicoquimicas Toricas y Aplicadas” (INIFTA), Università nazionale di “La Plata”, La Plata, Argentina.

14 CONTRIBUTI ORALI A CONFERENZE

Contributi orali a conferenze internazionali

1. Luglio 2016: “International Workshop on Jamming and Granular Matter”, congresso internazionalizzato, Queen Mary University, Londra.
Titolo seminario: *“Edwards effective thermodynamics for a driven athermal system with dry and viscous friction”*.
2. Maggio 2016: “Quantifying Complex Transport with Lévy Walks: From Cold Atoms to Humans and Robots”, congresso internazionale, Physikzentrum Bad-Honnef, Germania.
Titolo seminario: *“The mechanism of field-induced superdiffusion in models with glassy dynamics”*.
3. Novembre 2014: “Large Deviations in Statistical Physics”, congresso internazionalizzato, Stellenbosch, Sudafrica.
Titolo seminario: *“Rare events in driven one-dimensional models”*.
4. Luglio 2013: “Physics of glassy and granular materials”, conferenza satellite del congresso internazionale STATPHYS 25, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto, Giappone.
Titolo seminario: *“Confinement as a tool to probe amorphous order”*.
5. Marzo 2012: “Rejuvenating concepts in glass physics”, congresso internazionale, Institut Henri Poincaré, Parigi, Francia.
Titolo seminario (**su invito**): *“Static correlation lengths and domain walls energy in a glass-forming liquid model under confinement”*.
6. Ottobre 2011: “Foundations and Applications of Non-Equilibrium Statistical Mechanics”, congresso internazionale, NORDITA, Stoccolma, Svezia.
Titolo seminario: *“Fluctuating hydrodynamics theory for a driven granular fluid: out of equilibrium correlations”*.

7. Settembre 2011: “ZCAM conference on Granular and Active Fluids”, congresso internazionale, Zaragoza Scientific Center for Advanced Modeling, Saragozza, Spagna.
Titolo seminario: “*Thermostats, large scale fluctuations and entropy productions in granular fluids*”.
8. Luglio 2010: “XXIV IUPAP International Conference on Statistical Physics (STATPHYS24)”, congresso internazionale, Cairns, Australia.
Titolo seminario: “*Aging regime in a fragile glass-former: study of a brownian motor*”.
9. Marzo 2010: “XII International Workshop on Complex Systems”, congresso internazionale, Andalo, Italia.
Titolo seminario: “*A phase separation perspective on dynamical heterogeneities*”.
10. Marzo 2008: “99th Statistical Mechanics Conference”, congresso internazionale, Rutgers University, New Jersey, USA.

Altri Seminari (Presentazioni presso laboratori e conferenze nazionali)

1. Ottobre 2018: “*Glass Transition and Lack of Equipartition in a model for nonlinear waves in random media*”, CNR-Nanotec 3th annual workshop, Alberobello (Bari), Italia.
2. Giugno 2018: “*Glassy behaviour of light: insights from numerical simulations on realistic complex networks*”, XXIII Convegno Nazionale di Fisica Statistica e dei Sistemi Complessi, Parma, Italia.
3. Maggio 2017: “*Glassy thermodynamics of light: study of emission spectra in Random Lasers*”, seminario interno del gruppo “Physique Statistique et Modélisation”, LIPhy, Grenoble, Francia.
4. Aprile 2017: “*Dynamical phase transitions and their first-order features in the Large Deviations of non-interacting Run-and-Tumble particles in one dimension*”, Sapienza, Roma, Italia.
5. Aprile 2016: “*Thermodynamic theory of active matter*”, seminario interno del gruppo “Physique Statistique et Modélisation”, LIPhy, Grenoble, Francia.

6. Marzo 2016: “*Field-induced superdiffusion in models with a glassy dynamics*”, **seminario su invito** (Prof. M. Baiesi), Dipartimento di Fisica dell’Università di Padova, Italia.
7. Febbraio 2016: “*Effective thermodynamics for a driven athermal system with dry friction*”, seminario di Fisica Statistica presso Laboratoire de Physique Théorique et Modèles Statistiques (LPTMS), Orsay, Francia.
8. Dicembre 2015: “*Temperature and Correlations in Driven Dissipative Systems*”, **seminario su invito** (Dr. J. Tailleur) presso il laboratorio “Laboratoire Matière et Systèmes Complexes” (MSC), Parigi, Francia.
9. Novembre 2015: “*Temperature and Correlations in Driven Dissipative Systems*”, **seminario su invito** (Prof. T. Dauxois), presso “Ecole Normale Supérieure” (ENS) di Lione, Lione, Francia.
10. Ottobre 2015: “*From slow to fast: Field-induced superdiffusion of a probe in models with a glassy dynamics*”, seminario interno del gruppo “Physique Statistique et Modélisation”, LIPhy, Grenoble, Francia.
11. Ottobre 2015: “*Field-induced superdiffusion in a model with glassy dynamics*”, presentazione orale al congresso nazionale “FISMAT 2015”, Palermo, Italia.
12. Luglio 2015: “*Effective thermodynamic theory for a driven athermal system with dry friction*”, seminario interno del gruppo “Physique Statistique et Modélisation”, LIPhy, Grenoble, Francia.
13. June 2015: “*Effective thermodynamic theory for a driven athermal system with dry friction*”, presentazione al congresso nazionale francese GDR “Fluides Actifs”, presso “Ecole Normale Supérieure” (ENS) di Lione, Francia.
14. Maggio 2015: “*Effective thermodynamic theory for a system with dry friction*”, **seminario su invito** (Dr. A. Puglisi) presso “Sapienza”, Università di Roma, Roma, Italia.
15. Gennaio 2015: “*Plaquette models for glasses and constraint satisfaction problems*”, seminario interno del gruppo “Physique Statistique et Modélisation”, LIPhy, Grenoble, Francia.

16. Ottobre 2014: “*Glassy properties of a XOR-SAT model in finite dimensions*”, seminario di Fisica Statistica presso Laboratoire de Physique Théorique et Modeles Statistiques (LPTMS), Orsay, Francia.
17. Maggio 2014: “*Local effective action for a glass-forming liquid: a numerical study*”, **seminario su invito** (Prof. J.-L. Barrat), Laboratoire Interdisciplinaire de Physique, Grenoble, Francia.
18. Aprile 2014: “*Local effective action for a glass-forming liquid: a numerical study*”, **seminario su invito** (Dr. O. Benichou) presso Laboratoire de Physique Théorique et Matière Condensée, Parigi, Francia.
19. Aprile 2014: “*Local effective action for a glass-forming liquid: a numerical study*”, **seminario su invito** (prof L. Berthier) presso “Laboratoires Charles Coulomb”, Montpellier, Francia.
20. Gennaio 2014: “*Driven anomalous dynamics: breaking of the Einstein relation and scaling properties*”, **seminario su invito** (Dr. D. Grebenkov) presso “Ecole Polytechnique”, Parigi, Francia.
21. Luglio 2012: “*Out-of-equilibrium correlations and entropy production in a driven granular fluid*”, presentazione orale al congresso nazionale “XVII Convegno Nazionale di Fisica Statistica e dei Sistemi Complessi”, dipartimento di Fisica di Parma, Italia.
22. Maggio 2012: “*Einstein relation for anomalous superdiffusive dynamics*”, **seminario su invito** (Prof. R. Burioni) presso il dipartimento di fisica di Parma, Italia.
23. Gennaio 2012: “*Fluctuating hydrodynamics for a driven granular fluid: out-of-equilibrium correlations*”, presentazione orale presso il workshop nazionale francese “Journées de Physique Statistique”, École Supérieure de Physique et Chimie Industrielles, Parigi, Francia.
24. Luglio 2011: “*Study of a glass-forming liquid in a confined geometry : correlation lengths and interfaces of amorphous states*”, **seminario su invito** (Dr. G. Biroli) presso “Institute de Physique Théorique”, CEA, Saclay, Francia.

25. Luglio 2010: “*Aging regime in a fragile glass-former: study of a brownian motor*”, presentazione orale al congresso nazionale “XV Convegno di Fisica Statistica”, dipartimento di fisica di Parma, Italia.
26. Maggio 2009: “*Surface tension and a new spinodal point for amorphous order in supercooled liquids*”, seminario interno del gruppo “Disordered System and Neural Networks”, Dipartimento di Matematica, Kings College, Londra, Gran Bretagna.
27. Maggio 2009: “*Surface tension and a new spinodal point for amorphous order in supercooled liquids*”, seminario su invito presso “Sapienza”, università di Roma, Roma, Italia.
28. Agosto 2008: Presentazione orale nell’ambito della scuola estiva “Les Houches Summer School 2008: Long Range Interacting Systems”, Les Houches, Francia.

Poster

- Luglio 2016: Poster alla conferenza internazionale “STATPHYS26”, Lione, Francia.
- Maggio 2015: Poster alla conferenza internazionale “Viscous Liquids IV”, Montpellier, Francia.
- Settembre 2013: Poster alla conferenza internazionale “Large deviations and rare events in physics and biology”, dipartimento di Fisica di “Sapienza”, università di Roma, Roma, Italia.
- Dicembre 2011: Poster alla conferenza internazionale “Unifying concepts in glass physics V”, Institut Henri Poincaré (IHP), Parigi, France.
- Luglio 2011: Poster alla conferenza internazionale “Workshop on Sphere Packing and Amorphous Materials”, ICTP, Trieste, Italia.

- Marzo 2011: Poster alla conferenza internazionale “Workshop on Dynamics in Viscous Liquids III”, dipartimento di Fisica di “Sapienza”, università di Roma, Roma, Italia.
- Settembre 2010: Poster alla conferenza internazionale “Anomalous Transport: from Billiards to Nanosystems”, Sperlonga, Italia.
- Settembre 2009: Poster alla conferenza internazionale “6th International Discussion Meeting on Relaxations in Complex Systems”, dipartimento di Fisica di “Sapienza”, università di Roma, Roma, Italia.

15 PUBBLICAZIONI E ARBITRAGGIO

Ho pubblicato 26 articoli su riviste internazionali con arbitraggio (**ISI**: 405 citazioni, h-index 12; **Scholar**: 619 citazioni, h-index 14), tra cui 4 articoli su **Physical Review Letters**, di cui due segnalati come “**Editor’s Suggestion**”. Ho pubblicato 3 atti di conferenza e un capitolo del libro “Nonequilibrium Statistical Physics of Small Systems: Fluctuation Relations and Beyond” (Wiley-VCH, Weinheim, 2013) R. Klages, W. Just, C. Jarzynski (Eds.). Ho due lavori in preparazione.

Svolgo inoltre il servizio di “referee” (arbitraggio) per le seguenti riviste:

- Physical Review Letters
- Physical Review X
- Physical Review E
- Journal of Chemical Physics
- Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiments.
- New Journal of Physics

Pubblicazioni su rivista raggruppate per argomento

Meccanica statistica di non equilibrio, grandi deviazioni

- [1] “Participation Ratio for Constraint-Driven Condensation with Superextensive Mass”
G. Gradenigo, E. Bertin,
Entropy **19**, 517 (2017).
- [2] “Generalized Edwards thermodynamics and marginal stability in a driven athermal system with dry and viscous friction”
G. Gradenigo, E. Bertin,
Phys. Rev. E **95**, 030106 (2017).
- [3] “Edwards thermodynamics for a driven athermal system with dry friction”
G. Gradenigo, E. E. Ferrero, E. Bertin, J.-L. Barrat,
Phys. Rev. Lett. **115**, 140601 (2015).
- [4] “Brownian ratchet in a thermal bath driven by Coulomb friction”,
A. Gnoli, A. Petri, F. Dalton, **G. Gradenigo**, G. Pontuale, A. Sarracino,
A. Puglisi,
Phys. Rev. Lett. **110**, 120601 (2013).
- [5] “Fluctuation relations without uniform large deviations”,
G. Gradenigo, A. Sarracino, A. Puglisi, H. Touchette,
J. Phys. A: Math. Theor. **46**, 335002, (2013).
- [6] “Entropy production in non-equilibrium fluctuating hydrodynamics”
G. Gradenigo, A. Puglisi and A. Sarracino,
J. Chem. Phys. **137**, 014509 (2012).
- [7] “Non-equilibrium fluctuations in a driven stochastic Lorenz gas”
G. Gradenigo, A. Puglisi, A. Sarracino and U. M. B. Marconi,
Phys. Rev. E **85**, 031112 (2012).
- [8] “Dynamics of a massive intruder in a homogeneously driven granular fluid”
A. Puglisi, A. Sarracino, **G. Gradenigo**, and D. Villamaina,
Granular Matter **14**, 235 (2012).
- [9] “Structure factors in granular experiments with homogenous fluidization”
A. Puglisi, A. Gnoli, **G. Gradenigo**, A. Sarracino, and D. Villamaina,
J. Chem. Phys. **136**, 014704 (2012).
- [10] “Non-equilibrium length in granular fluids: From experiment to fluctuating hydrodynamics”
G. Gradenigo, A. Sarracino, D. Villamaina, and A. Puglisi,
Europhys. Lett. **96**, 14004 (2011).
- [11] “Fluctuating hydrodynamics and correlation lengths in a driven granular fluid”

G. Gradenigo, A. Sarracino, D. Villamaina, and A. Puglisi,
J. Stat. Mech. P08017 (2011).

[12] “Irreversible dynamics of a massive intruder in dense granular fluids”
A. Sarracino, D. Villamaina, **G. Gradenigo** and A. Puglisi,
Europhys. Lett. 92, 34001 (2010).

Diffusione anomala

[13] “Field-induced superdiffusion and dynamical heterogeneity”
G. Gradenigo, E. Bertin, G. Biroli,
Phys. Rev. E 93, 060105 (2016).

[14] “Rare events and scaling properties in field-induced anomalous dynamics”,
R. Burioni, **G. Gradenigo**, A. Sarracino, A. Vezzani, A. Vulpiani,
J. Stat. Mech. P09022 (2013).

[15] “Einstein relation in superdiffusive systems”
G. Gradenigo, A. Sarracino, D. Villamaina, and A. Vulpiani,
J. Stat. Mech. L06001 (2012).

[16] “On anomalous diffusion and the out of equilibrium response function in one-dimensional models”
D. Villamaina, A. Sarracino, **G. Gradenigo**, A. Puglisi, and A. Vulpiani,
J. Stat. Mech. L01002 (2011).

Termodinamica e Dinamica dei sistemi vetrosi/disordinati

[17] “Response to Comment on Static correlations functions and domain walls in glass-forming liquids: The case of a sandwich geometry [J. Chem. Phys. 144, 227101 (2016)]”,
G. Gradenigo, R. Trozzo, A. Cavagna, T.S. Grigera,
J. Chem. Phys. 144, 227102 (2016).

[18] “The Random-Diluted Triangular Plaquette Model: study of phase transitions in a Kinetically Constrained Model”,
S. Franz, **G. Gradenigo**, S. Spigler,
Phys. Rev. E 93, 032601 (2016).

[19] “Confinement as a tool to probe amorphous order”,
C. Cammarota, **G. Gradenigo**, G. Biroli,
Phys. Rev. Lett. (**Editor’s suggestion**) 111, 107801 (2013).

[20] “Static correlations functions and domain walls in glass-forming liquids: the case of a sandwich geometry”
G. Gradenigo, R. Trozzo, A. Cavagna, T. Grigera, P. Verrocchio,
J. Chem. Phys. 138, 12A509 (2013).

- [21] “The Ratchet effect in an ageing glass ”
G. Gradenigo, A. Sarracino, D. Villamaina, T. Grigera, A. Puglisi,
J. Stat. Mech. L12002 (2010).
- [22] “Phase-Separation Perspective on Dynamic Heterogeneities in Glass-Forming Liquids”
C. Cammarota, A. Cavagna, I. Giardina, **G. Gradenigo**, T.S. Grigera,
G. Parisi, P. Verrocchio,
Phys. Rev. Lett. (**Editor’s suggestion**) 105, 055703 (2010).
- [23] “Numerical determination of the exponents controlling the relationship between time, length and temperature in glass-forming liquids ”
C. Cammarota, A. Cavagna, **G. Gradenigo**, T.S. Grigera, P. Verrocchio,
J. Chem. Phys. 131, 194901 (2009).
- [24] “Evidence for a spinodal limit for amorphous excitations in glassy system”
C. Cammarota, A. Cavagna, **G. Gradenigo**, T.S. Grigera, P. Verrocchio,
J. Stat. Mech. L12002 (2009).

Sistemi dinamici

- [25] “Fluctuations in partitioning systems with few degrees of freedom”
L. Cerino, **G. Gradenigo**, A. Sarracino, D. Villamaina, A. Vulpiani,
Phys. Rev. E 89, 042105 (2014).
- [26] “A study of the Fermi-Pasta-Ulam problem in dimension two”
G. Benettin and **G. Gradenigo**,
Chaos 18, 013112 (2008).

Pubblicazioni in preparazione

- 1) “Condensation in driven Run-and-Tumble particles: on the mechanism of a first-order dynamical transition”,
G. Gradenigo and S. N. Majumdar.
- 2) “Glass Transition and Lack of Equipartition in a model for nonlinear waves in random media: a numerical study”,
G. Gradenigo, F. Antenucci and L. Leuzzi.
- 3) “Non-linear waves in random media: exact solution of a p-spin model with deterministic decimation of couplings”,
G. Gradenigo, L. Leuzzi and G. Parisi.
- 4) “Dynamical collective memory in fluidized granular materials”, A. Plati,
A. Baldassarri, A. Gnoli, **G. Gradenigo**, A. Puglisi.

Atti di conferenza

1. “The out of equilibrium response function in sub-diffusive systems”,
G. Gradenigo, A. Puglisi, A. Sarracino, A. Vulpiani and D. Villamaina,
Physica Scripta 86, 058516 (2012)
2. “Einstein Relation in Systems with Anomalous Diffusion”,
G. Gradenigo, A. Sarracino, D. Villamaina and A. Vulpiani,
Acta Physica Polonica B 44, 899 (2013)
3. “Scaling properties of field-induced superdiffusion in Continuous Time Random Walks”,
R. Burioni, **G. Gradenigo**, A. Sarracino, A. Vezzani, A. Vulpiani,
Commun. Theor. Phys. 62, 514 (2014).

Capitoli di Libro

- “Out-of-equilibrium generalized fluctuation-dissipation relations”,
G. Gradenigo, A. Puglisi, A. Sarracino, D. Villamaina, and A. Vulpiani,
in “Nonequilibrium Statistical Physics of Small Systems: Fluctuation Relations and Beyond” (Wiley-VCH, Weinheim, 2013) R. Klages, W. Just, C. Jarzynski (Eds.)