

Bassano Vacchini

Curriculum Vitae

Formazione

Posizioni ricoperte

- dal 03/2015 **Professore Associato**, *Università degli Studi di Milano*, SC 02/B2, SSD FIS/03.
01/2004–02/2015 **Ricercatore Universitario**, *Università degli Studi di Milano*, SSD FIS/02.
11/1999–10/2003 **Assegno di Ricerca Rettorale**, *Università degli Studi di Milano*.
07/1998–10/1999 **Post-doc**, *Philipps-Universität Marburg*, Germania.
11/1994–10/1997 **Dottorato di Ricerca in Fisica**, *Università degli Studi di Milano*.

Istruzione

- 05/1998 **Dottorato in Fisica**, *Università degli Studi di Milano*, Discussione finale presso Università di Roma "La Sapienza".
07/1996 **Laurea in Fisica**, *Università degli Studi di Milano*, 110/110 e lode.
12/1988 **Certificate of Proficiency in English**, *University of Cambridge*, Grade A (massimo dei voti).
05/1993 **Grosses Deutsches Sprachdiplom**, *Ludwig-Maximilians-Universität zu München*, Sehr gut (massimo dei voti).
07/1988 **Maturità Scientifica**, *Collegio S. Carlo*, Milano, 60/60.

Riconoscimenti

- 07/2017 **Abilitazione Scientifica Nazionale**, Settore Concorsuale 02/A2, I Fascia (giudizio).
07/2017 **Abilitazione Scientifica Nazionale**, Settore Concorsuale 02/B2, I Fascia (giudizio).
01/2014 **Abilitazione Scientifica Nazionale**, Settore Concorsuale 02/A2, II Fascia.
12/2013 **Abilitazione Scientifica Nazionale**, Settore Concorsuale 02/B2, II Fascia.
05/2001 **Abilitazione all'insegnamento nelle scuole secondarie**, *Fisica, Matematica, Matematica e Fisica*, classi di concorso A038, A047 e A049.
04/1999 **Alexander von Humboldt Stiftung (AVH)**, *Bonn-Bad Godesberg*, Germania, vincitore borsa di studio.
05/1998 **Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD)**, *Bonn*, Germania, vincitore borsa di studio.
03/1998 **Università degli Studi di Milano**, vincitore concorso per borsa di Perfezionamento all'Estero.

Conoscenze linguistiche

- Inglese **Ottima conoscenza parlata e scritta**
Tedesco **Ottima conoscenza parlata e scritta**
Francese **Conoscenza di base**


Riferimenti

- Pagina web personale <http://www.mi.infn.it/~vacchini>
ORCID iD 0000-0002-7574-9951

Attività di ricerca

Inquadramento

L'attività di ricerca di B. V. è iniziata nell'ambito della fisica teorica, con studi sui fondamenti della meccanica quantistica e in particolare sulla problematica di una descrizione oggettiva per sistemi macroscopici. In tale ambito ha inoltre lavorato a possibili formulazioni alternative del processo di misura tramite modelli di riduzione dinamica.

B. V. ha poi iniziato e sviluppato autonomamente una nuova linea di ricerca che affronta lo studio teorico dei sistemi quantistici aperti. Tale attività condotta in seno al Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Milano ha anche portato all'attivazione del corso di "Teoria dei Sistemi Quantistici Aperti" dedicato agli studenti di laurea magistrale [si vedano a questo riguardo le dispense relative al corso  *Advanced quantum mechanics*]. La tematica e il taglio con cui è affrontata si collegano da una parte al filone della cosiddetta quantum information e dall'altro alla fisica matematica.

Il termine sistemi quantistici aperti designa sistemi la cui dinamica è influenzata da un ambiente quantistico esterno. Per questi sistemi, a fianco dell'aspetto intrinsecamente probabilistico della meccanica quantistica, si innesta un ulteriore elemento di aleatorietà, dovuto all'interazione con tale ambiente esterno. Questo aspetto si può presentare anche in ambito classico, dove pure la descrizione di riferimento è deterministica, qualora non si abbia controllo su tutti i gradi di libertà. Nella teoria classica la descrizione di questi fenomeni si appoggia tipicamente alla teoria dei processi stocastici. La teoria dei sistemi aperti si rivolge dunque in modo naturale alla descrizione di processi quantistici, e a una loro caratterizzazione rispetto alle proprietà di memoria.

Lo studio dei sistemi aperti è intrinsecamente legato ai fondamenti della meccanica quantistica, nel cui ambito la teoria della misura affronta la descrizione dell'interazione tra il sistema e un apparato di misura macroscopico. Infatti, un aspetto cruciale che emerge nel descrivere la dinamica dei sistemi quantistici aperti, ovvero la decoerenza, ha anche aiutato a meglio comprendere la dinamica dei processi quantistici di misura.

La dinamica ridotta di un sistema aperto è tipicamente irreversibile e richiede l'introduzione di evoluzioni più generali di quella unitaria, descritte tramite cosiddette mappe dinamiche quantistiche. La derivazione microscopica e la caratterizzazione matematica di master equations per la descrizione della dinamica ridotta di un sistema aperto, che ammetta come soluzioni mappe di evoluzione ben definite, è uno degli aspetti centrali della teoria.

In quest'ambito B. V. si è occupato sia della derivazione microscopica e della caratterizzazione matematica di master equations per la descrizione della dinamica ridotta, che dello studio delle proprietà di memoria, ovvero non Markovianità, di queste mappe dinamiche quantistiche. Recentemente ha anche proposto e collaborato alla realizzazione di esperimenti per lo studio di dinamiche non Markoviane ed effetti dovuti a correlazioni fra sistema e ambiente.

Principali risultati

o Modelli collisionali

Una strategia che si rivela conveniente per descrivere e comprendere l'interazione fra un sistema quantistico e un ambiente esterno è l'utilizzo di cosiddetti modelli collisionali in cui l'interazione viene schematizzata tramite interazioni ripetute a tempi regolari fra il sistema e singole unità che si pensano costituire l'ambiente. In questo ambito B. V. ha studiato le proprietà di non Markovianità delle evoluzioni ottenute, l'esistenza del limite nel continuo e la rilevanza per applicazioni in termodinamica quantistica.

[si veda in particolare: S. Campbell and B. Vacchini EPL **133**, 60001 (2021)]

○ **Caratterizzazione di dinamica non Markoviana per sistemi aperti**

Nel caso di dinamiche quantistiche non possono essere introdotti in modo semplice processi non Markoviani, perché determinare valori precedenti di una osservabile significa interagire con il sistema stesso modificandone la dinamica. Una strategia che ha permesso una svolta in questa problematica è basata sull'idea di studiare nel tempo la distinguibilità fra due distinte condizioni iniziali, collegandola allo scambio di informazioni tra sistema e ambiente. B. V. ha collaborato a introdurre e sviluppare questo punto di vista e le sue conseguenze dal punto di vista fisico e matematico.

[si veda in particolare: H.-P. Breuer, E.-M. Laine, J. Piilo, and B. Vacchini *Rev. Mod. Phys.* **88**, 021002 (2016) – *Highly Cited Paper in WOS*]

○ **Evoluzione non Markoviane completamente positive**

Dinamiche con effetti di memoria compaiono tipicamente in presenza di interazioni forti o a basse temperature. Esse sono contraddistinte dal non soddisfare l'equazione di evoluzione di riferimento nella teoria dei sistemi aperti, ovvero l'equazione di Lindblad, che descrive una dinamica di semigruppato e preserva la completa positività della dinamica. Diventa quindi importante avere un'indicazione su quali siano le possibili equazioni di evoluzione per un sistema fisico che segua una dinamica non Markoviana. La difficoltà principale consiste nel preservare la completa positività dell'evoluzione, che garantisce l'esistenza di un modello microscopico sottostante. B. V. ha mostrato come sia possibile costruire un'ampia classe di master equations con nuclei di memoria non banali le cui soluzioni siano dinamiche completamente positive.

[si veda in particolare: B. Vacchini *Phys. Rev. Lett.* **117**, 230401 (2016)]

○ **Equazione quantistica di Boltzmann lineare**

La corretta descrizione di fenomeni di decoerenza in esperimenti di interferometria, in cui il disturbo dell'ambiente sia dovuto a collisioni con il gas residuo presente nell'apparato, richiede una descrizione microscopica dell'interazione tramite collisioni fra una particella massiva quantistica e un gas. Questo risultato equivale ad una versione quantistica dell'equazione di Boltzmann lineare e permette di descrivere quantitativamente sia gli effetti di decoerenza, sia l'indice di rifrazione che caratterizza la propagazione di un fascio di materia coerente attraverso un gas omogeneo, entrambi misurati sperimentalmente. B. V. ha contribuito in maniera determinante alla derivazione e allo studio delle proprietà di tale equazione.

[si veda in particolare: B. Vacchini and K. Hornberger *Phys. Rep.* **478**, pp. 71-120 (2009)]

○ **Descrizione della decoerenza quantistica e processi di Lévy**

La decoerenza è un fenomeno che si presenta in meccanica quantistica e porta tipicamente alla soppressione della visibilità di un pattern di interferenza, a seguito dell'effetto sulla dinamica del sistema dell'interazione con gradi di libertà esterni. Tale fenomeno può anche essere osservato quantitativamente e presenta caratteristiche molto diverse in funzione del tipo di sistema considerato. B. V. ha mostrato che un'ampia classe di fenomeni di coerenza ammette una formulazione comune tramite trasferimenti random di momento. Tale descrizione è caratterizzata dalla simmetria per traslazioni e si basa su una variante quantistica della formula di Lévy.

[si veda in particolare: B. Vacchini *Phys. Rev. Lett.* **95**, 230402 (2005)]

○ **Master equation per il moto Browniano quantistico**

La descrizione dell'analogo quantistico del moto Browniano di una particella massiva immersa in un gas di particelle più leggere è un noto problema nell'ambito della dinamica dei sistemi dissipativi. In particolare, la derivazione dell'espressione dell'equazione che descrive correttamente tale dinamica, dando luogo a un'evoluzione ben definita dal punto di vista quantistico e quindi in particolare completamente positiva, è un problema rimasto aperto per lungo tempo. B. V. ha mostrato come si possa ottenere tale equazione nel limite di piccoli momenti trasferiti nelle collisioni a partire da un'espressione più generale caratterizzata da proprietà di simmetria rispetto a rotazioni e traslazioni.





[si veda in particolare: B. Vacchini *Phys. Rev. Lett.* **84**, pp. 1374-1377 (2000)]

Dati bibliometrici




Indicatori	H-index 27, citazioni totali 2500+ (settembre 2021, <i>Web of Science</i>) H-index 30, citazioni totali 3700+ (settembre 2021, <i>Google Scholar</i>)
VQR 2011-2014	Valutazione Eccellente per tutte le pubblicazioni segnalate
VQR 2004-2010	Valutazione Eccellente per tutte le pubblicazioni segnalate

Pubblicazioni


Review su invito

1. Review article su invito per EPL
S. Campbell and B. Vacchini
Perspective: Collision models in open system dynamics: A versatile tool for deeper insights?
 EPL **133**, 60001 (7 pages) (2021)
2. Review article su invito per Review on Modern Physics
H.-P. Breuer, E.-M. Laine, J. Piilo, and B. Vacchini
Colloquium: Non-Markovian dynamics in open quantum systems
 Rev. Mod. Phys. **88**, 021002 (24 pages) (2016)
3. Review article su invito per Physics Reports
B. Vacchini and K. Hornberger
Quantum linear Boltzmann equation
 Phys. Rep. **478**, pp. 71-120 (2009)
4. Review article su invito per International Journal of Modern Physics A
L. Lanz and B. Vacchini
Subdynamics of relevant observables: a field theoretical approach
 Int. J. Mod. Phys. A **17**, pp. 435-463 (2002)

Pubblicazioni su invito

5. Contributo su invito alla special issue "Quantum and classical frontiers of noise",
B. Vacchini
Quantum Noise from Reduced Dynamics
 Fluct. Noise Lett. **15**, 1640003 (2016)
6. Contributo su invito alla special issue "Loss of coherence and memory effects in quantum dynamics",
B. Vacchini
A classical appraisal of quantum definitions of non-Markovian dynamics
 J. Phys. B **45**, 154007 (2012)
7. Contributo su invito alla special issue "The quantum Universe",
L. Lanz, B. Vacchini, and O. Melsheimer
Quantum theory: the role of microsystems and macrosystems
 J. Phys. A: Math. Gen. **40**, pp. 3123-3140 (2007)

Libri

B. Vacchini, H.-P. Breuer and A. Bassi editors *Advances in Open Systems and Fundamental Tests of Quantum Mechanics* Proceedings of the 684. WE-Heraeus-Seminar, Bad Honnef, Germany, 2–5 December 2018
 Springer Proceedings in Physics **237** (2019)

Dispense

B. Vacchini

 *Advanced quantum mechanics*

Dispense per il corso di Teoria dei Sistemi Quantistici Aperti

B. Vacchini

 *Quantum mechanics: A first involvement*

Dispense per il corso di Meccanica Quantistica

L. Lanz e B. Vacchini
Introduzione alla Fisica Teorica, vol. II
Cusl, Milano, 2003
ISBN 9788881325634

Presentazioni

Lezioni su invito a scuole

- 2016 *Introduction to non-Markovian open quantum systems dynamics*
Fundamental Problems of Quantum Physics
ICTS, Bangalore, India, 21 novembre - 10 dicembre 2016
■◀
- 2015 *Quantum and classical aspects of non-Markovianity*
51 Winter School of Theoretical Physics
Ladek Zdroj, Poland, 9-14 febbraio 2015
- 2011 *Non-Markovian dynamics in open quantum systems*
School on New Trends in Quantum Dynamics and Quantum Entanglement
ICTP, Trieste, Italy, 14-18 febbraio 2011
- 2007 *Description of dissipation and decoherence: a translation-covariant Markovian master-equation approach*
18th Chris Engelbrecht Summer School in Theoretical Physics
Theoretical Foundations of Quantum Information Processing and Communication
Durban, South Africa, 14-24 gennaio 2007
- 2004 *Quantum Mechanics and Macroscopic Objectivity*
Second School on the Foundations of Physical Theories
University of Urbino, Urbino, Italy, 5-9 luglio 2004

Attività istituzionale

Attività istituzionali, organizzative e di servizio

Ruoli ricoperti

- dal 10/2020 **Vice-Direttore**, *Dipartimento di Fisica*, Università degli Studi di Milano.
- 03/2015-03/2021 **Presidente**, *Commissione Tesi*, Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Milano.
- 2006-2014 **Membro**, *Commissione Tesi*, Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Milano.
- dal 10/2016 **Membro**, *Commissione Garanzia per attribuzione Assegni di Ricerca post-doc*, Area Fisica, Università degli Studi di Milano.
Presidente di 12 commissioni giudicatrici per conferimento Assegni di Ricerca post-doc di tipo A
- 2012-2021 **Membro**, *Commissione Erasmus*, Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Milano.
- dal 2013 **Membro**, *Collegio di Dottorato in Fisica, Astrofisica e Fisica Applicata*, Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Milano.

