

Isolated many-body quantum systems out of equilibrium: from unitary time evolution to quantum kinetic equations

599. WE-Heraeus-Seminar

Vom 30. November bis 3. Dezember trafen sich 80 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Physikzentrum Bad Honnef, um über Quanten-Vielteilchensysteme im Nichtgleichgewicht zu diskutieren. Das Interesse an Vielteilchen-Quantendynamik in abgeschlossenen Quantensystemen hat im letzten Jahrzehnt stark zugenommen, zum einen wegen der neuen experimentellen Möglichkeiten mit ultrakalten Atomen, zum anderen wegen Fortschritten in der ultraschnellen Spektroskopie von Festkörpern. Eine noch junge und wachsende Community theoretischer Physiker hat sich in dieser Zeit der Frage der unitären Zeitentwicklung in isolierten Quantensystemen, insbesondere der Frage der Thermalisierung, zugewandt. Die bevorzugten theoretischen Methoden sind dabei exakte numerische oder analytische Methoden, z. B. numerisch exakte Diagonalisierung, Dichtematrix-Renormierungsgruppe sowie der Bethe-Ansatz.

Andererseits gibt es in der Vielteilchentheorie schon seit Jahrzehnten einen gut etablierten Formalismus für die Beschreibung der Quantendynamik: die quantenkinetische Theorie. Dieser Formalismus hat vielfältige Anwendung gefunden: in der Laser-induzierten Dynamik von Halbleitern, in Quantenplasmen und in der Kernphysik. Heute entwickelt eine interdisziplinäre Community die quantenkinetischen Gleichungen weiter.

Hauptziel des Seminars war es, diese zwei Forschungsgemeinden zusammenzubringen, um eine intensive Diskussion anzuregen und den Austausch zwischen ihnen zu initiieren. Führende Vertreter beider Gruppen gaben mit 90-minütigen Vorlesungen eine detaillierte Einführung in beide Themenkomplexe. Fünf Vorlesungen waren quantenkinetischen Gleichungen und modernen Anwendungen gewidmet, zwei Vorlesungen gaben einen Überblick über neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Thermalisierung. Im Zentrum stand eine intensive Diskussion über die Rolle von Erhaltungsgrößen, Integrität und Irreversibilität. Daneben präsentierten etablierte Forscher sowie Nachwuchswissenschaftler in 16 Vorträgen und 44 Postern aktuelle Forschungsergebnisse.

Der intensive Austausch während des Seminars und der Postersitzung führte zu einer Reihe interessanter Resultate und Ansätzen für Kollaborationen über die Grenzen der Communities hinaus. Die Community der quantenkinetischen Gleichungen hat mit Interesse die neuen Entwicklungen in der unitären Dynamik

aufgenommen. Gleichzeitig wurden die Forscher des letztgenannten Gebietes auf die Leistungsfähigkeit moderner quantenkinetischer Simulationen aufmerksam, die durchaus eine reversible Dynamik erlauben und damit weit über Boltzmanns Stoßzahl-Ansatz hinausgehen. Die Diskussion war außerordentlich angeregt und hat viele fundamentale Fragen der Nichtgleichgewichtsphysik thematisiert und wichtige Teilantworten geliefert.

Die einzigartige Ausstattung des Physikzentrums Bad Honnef war bestens geeignet für die konzentrierten Diskussionen. Wir danken an dieser Stelle der WE-Heraeus-Stiftung für ihre großzügige Unterstützung.

Masud Haque, Michael Bonitz
und Stefan Kehrein

Macroscopic Entanglement

605. WE-Heraeus-Seminar

Seit über 100 Jahren ermöglicht es die Quantenmechanik, zahlreiche physikalische Phänomene vorherzusagen. Schon früh wurden drastische Beispiele für makroskopische physikalische Systeme diskutiert, z. B. die berühmte Schrödinger-Katze, in denen Verschränkung oder Superposition auftreten sollte. Das 605. WE-Heraeus-Seminar, das vom 18. bis 22. Januar im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, befasst sich mit solchen Beispielen.

Dabei war das Ziel, sowohl die grundlegende Theorie als auch Experimente in ihrer ganzen physikalischen Breite zu besprechen. Experten unterschiedlichster Felder stellten ihre Forschungsarbeiten vor und diskutierten die Konsequenzen für die Interpretation der Quantenmechanik und Anwendungen. Dieser interdisziplinäre Charakter bot die einmalige Chance, die Erkenntnisse der verschiedenen Forschungsfelder miteinander zu vergleichen und zu verknüpfen. Vor der Präsentation ihrer Forschungsergebnisse führten die Vortragenden dabei stets auch in ihr Feld ein.

Gleich zu Beginn gab Margaret Reid eine Einführung und lieferte den historischen Kontext der zugrunde liegenden Theorie. Darauf folgten zahlreiche spannende Vorträge und angeregte Diskussionen zu den unterschiedlichsten Gebieten. Diese sehr regen Unterhaltungen machten deutlich, dass die genaue Definition eines Maßes für die „Makroskopizität“ mindestens so viel Diskussion benötigt wie die fundamentalen Effekte der Quantenmechanik selbst. Besonders erwähnt werden soll hier nur ein Beitrag aus dem industriellen Umfeld. Pedram Roushan von Google erläuterte die neuesten Ergebnisse und Ziele bei der Verwendung von supraleitenden Quantenschaltkreisen. Von den sehr breiten Diskussionen profi-

tierten die jüngeren Teilnehmer und Dozenten gleichermaßen. Oft wurden diese an den Postern bis in die Nacht hinein weitergeführt. Matteo Fadel und Belinda Pang erhielten Preise für die besten Poster und durften ihre Forschung in Impulsvorträgen vorstellen.

Unser Dank gilt den zahlreichen Betreuern und Helfern, insbesondere Elisabeth Nowotka, Christian Müller und dem Team um Victor Gomer. Wir danken außerdem der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung, die dieses Seminar mit ihrer großzügigen Unterstützung ermöglichte. Die Teilnehmer zeigten sich sehr begeistert über die Möglichkeiten dieser Seminarförderung, ohne die es sicherlich schwer möglich gewesen wäre, so unterschiedliche Bereiche der Physik an einem Ort zusammenzubringen.

Christoph Marquardt, Ulrik L. Andersen
und Maria Chekhova

Nanophotonics and Complex Spatial Modes of Light

606. WE-Heraeus-Seminar

Die Nanooptik hat im letzten Jahrzehnt einen regelrechten Boom erlebt. Moderne Lithografie-Verfahren erlauben es, hochqualitative Nanostrukturen mit Dimensionen weit unterhalb der Wellenlänge sichtbaren Lichts herzustellen. Solche nanoskopischen Objekte werden schon heute vielfältig eingesetzt, z. B. in der optischen (Bio-)Sensorik oder zur Herstellung künstlicher Metamaterialien mit außergewöhnlichen Eigenschaften. Darüber hinaus sind sie integraler Bestandteil in diversen Forschungsbereichen wie Plasmonik, Nanooptik und Nahfeldmikroskopie. Optische Nanostrukturen ermöglichen es dabei vor allem, Licht auf nanoskopischen Größenskalen zu manipulieren, zu steuern und zu vermessen. Die Manipulation von Licht und dessen räumlicher Freiheitsgrade wie Intensitäts-, Phasen- und Polarisationsverteilung spielt dabei eine übergeordnete Rolle. Dieses regelrechte räumliche Maßschneidern von Lichtstrahlen ermöglicht es, Überauflösung in der Mikro- und Nanoskopie zu realisieren, die Bandbreite in der optischen Kommunikation zu erhöhen, neuartige optische Phänomene auf kleinsten Längenskalen zu erforschen sowie nanoskopische Systeme gezielt zu untersuchen.

In der außergewöhnlichen Atmosphäre des Physikzentrums in Bad Honnef trafen sich vom 24. bis 29. Januar etwa 75 Wissenschaftler aus über 20 Ländern. In mehr als 20 Vorträgen eingeladener Redner, allesamt ausgezeichnete Experten in ihren Fachbereichen, in zwei Postersitzungen sowie drei Kurzvorträgen der Posterpreis-Gewinner wurden u. a. Nanophotonik, Nanoplasmonik, Mikroskopie, Erzeugung und Anwendung räumlicher Lichtmoden,

Dr. Masud Haque, MPI für Physik komplexer Systeme, Dresden; Prof. Dr. Michael Bonitz, U Kiel; Prof. Dr. Stefan Kehrein, U Göttingen

Dr. Christoph Marquardt, Dr. Maria Chekhova, MPI für die Physik des Lichts, Erlangen; Prof. Dr. Ulrik L. Andersen, DTU Physics, Dänemark