

Emergent phenomena and universality in correlated quantum systems far away from equilibrium

645. WE-Heraeus-Seminar

Der Begriff des thermischen Gleichgewichts ist das wohl wichtigste Konzept im Verständnis von Vielteilchen-Systemen. Es erlaubt, universelle Gesetzmäßigkeiten zu identifizieren und die Emergenz von neuen Zuständen aus kollektivem Verhalten zu erklären. In neuerer Zeit sind allerdings, sowohl in synthetischen Quantensystemen als auch durch die Untersuchung der Dynamik von Festkörpern, wechselwirkende Quantensysteme fern vom Gleichgewicht zugänglich geworden, deren Beschreibung völlig neue theoretische Ansätze erfordert, was zu vielfach überraschenden Erkenntnissen geführt hat.

Das Ziel des Seminars, das vom 19. bis 22. Juni im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, war es, junge Wissenschaftler und weltweit führende Forscher auf diesem Gebiet zusammenzubringen, um universelle Ansätze in der Behandlung von Nichtgleichgewichtsphänomenen in wechselwirkenden Systemen zu identifizieren. Diese wurden in verschiedener Form diskutiert: Quantenmaterie außerhalb des thermodynamischen Gleichgewichts kann völlig neuartige dynamische Phasen aufweisen, etwa in getriebenen dissipativen Systemen oder in der Form von langlebigen transienten (so genannten präthermalen) Zuständen mit nicht-thermalen Eigenschaften. Der große Zuspruch des Seminars aus einem sehr internationalen Teilnehmerkreis (nur etwa die Hälfte der Teilnehmer war aus Deutschland angereist) zeigte, wie aktiv dieses Gebiet mittlerweile ist. Um zu einer gemeinsamen Sprache zu finden, wurden vier Themenbereiche in einem jeweils 90-minütigen Übersichtsvortrag vorgestellt: dynamische Phänomene in isolierten Quantensystemen, periodisch getriebene Systeme, dissipative Quantensysteme sowie numerische Methoden, wie sie eher in der Beschreibung der Dynamik von Festkörpern verwendet werden. Diese thematische Breite sowie die exzellenten kürzeren Vorträge, die gut besucht waren, haben zu regen Diskussionen geführt, an den Postern und auch weit über die eigentliche Postersitzung hinaus. Das Physikzentrum bietet hierfür eine ideale Umgebung, gerade bei dem wunderschönen Wetter der Seminarwoche, wenn sich der Innenhof nutzen lässt. Am Ende blieb das Gefühl, an einem Forschungsgebiet zu arbeiten, das sicher erst am Beginn seiner Entwicklung steht.

Unser Dank geht nochmals an die WE-Heraeus-Stiftung für die Finanzierung und für die hervorragende administrative Unterstützung.

Martin Eckstein und Michael Knap

Gravitational Decoherence

646. WE-Heraeus-Seminar

Dieses Seminar fand vom 26. bis 28. Juni 2017 im Physikzentrum Bad Honnef statt und führte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der Quantenphysik und der Gravitationsphysik zusammen. Sie diskutierten theoretische und experimentelle Aspekte der Auswirkungen von Gravitation auf Quantensysteme ebenso wie die Dekohärenz und die Gravitation makroskopischer Quantensysteme.

Ein zentrales Thema war die Frage, ob Gravitation klassisch oder quantenmechanisch zu behandeln ist. Ein Gedankenexperiment, bei dem sich eine hinreichend große Masse in einer Superposition verschiedener Positionen befindet, verdeutlicht die Bedeutung dieser Frage. In diesem Zusammenhang wurden durch Schwerkraft motivierte Modifikationen der Quantentheorie sowie dynamische Kollapsmodelle behandelt. Ein davon unabhängiger Ansatz stellt zur Diskussion, ob uns die fundamentale Limitierung der Genauigkeit von Uhren prinzipiell daran hindert, die Quantenkohärenz wirklich makroskopischer Objekte zu testen.

Während die Dekohärenz aufgrund gravitativer Effekte in heute realisierbaren Experimenten sehr schwach ist, scheinen selbst schwach gekrümmte klassische Raumzeiten die Kohärenz von Quantensystemen durch differentielle Zeitdilatation beeinflussen zu können. In der Quantenkosmologie, in der das gesamte Universum ein abgeschlossenes Quantensystem ist, wird sogar angenommen, dass Gravitation eine zentrale Rolle beim Auftreten klassischer Eigenschaften spielt.

In Experimenten ist es gelungen, Quantensuperposition mit Massen von bis zu 10^4 atomaren Masseneinheiten (amu) nachzuweisen. Erdbasierte Experimente mit optomechanisch gekühlten Testteilchen sollten es erlauben, diese Grenze auf bis zu 10^6 amu zu verschieben; weltraumbasierte und magnetomechanische Systeme langfristig zu noch höheren Massen.

Weitere Höhepunkte des Treffens waren die Vorträge von Nergis Mavalvala über die Detektion von Gravitationswellen mit LIGO und von Daniele Vetrugno über LISA-Pathfinder. LISA und LIGO werden es ermöglichen, komplementäre Quellen von Gravitationswellen im mHz- bzw. im kHz-Bereich zu untersuchen.

Das Seminar stieß auf reges Interesse und positiven Widerhall bei allen Teilnehmern. Der Zeitpunkt war ideal, um Wissenschaftler in diesem neu entstehenden Feld zusammenzubringen. Zu regem Austausch kam es bei Diskussionsrunden, einer Postersitzung und in informellen Diskussionen. Wir danken der WE-Heraeus-Stiftung für die finanzielle und organisatorische Unterstützung.

Albert Roura, Rainer Kaltenbaek und Magdalena Zych

Transport Mechanisms in Biological and Synthetic Nanopores and -channels

648. WE-Heraeus-Seminar

Nanoporen und -kanäle sind wichtige Bestandteile biologischer Membranen, sie lassen sich aber auch künstlich erzeugen, ein Beispiel sind Graphen-Nanoporen. Für den häufig sehr selektiven Transport von Ionen und Molekülen über Zellmembranen, aber auch zwischen verschiedenen Zellbereichen, sind biologische Poren verantwortlich. Mit Hilfe von künstlichen Poren versucht man, einige dieser Prozesse und Selektivitätsmechanismen nachzustellen und zudem für technische Anwendungen wie Entsalzung weiter zu entwickeln. Der Einbau von biologischen Nanoporen oder -kanälen in teilweise künstliche Membranen hat in den letzten Jahren zu erstaunlichen Fortschritten bei der DNA-Sequenzierung geführt. Als Weiterentwicklung gelingt es mittlerweile, die Aminosäureabfolge von einzelnen linearisierten Proteinen beim Transport durch Nanoporen über Änderungen im Ionenstrom auszulesen. Ein weiteres aktuelles Thema ist der Transport von Antibiotika-Molekülen über bakterielle Membranen.

Das WE-Heraeus-Seminar fand vom 16. bis 21. Juli 2017 auf dem Campus der Jacobs Universität Bremen statt. Das übergeordnete Thema war das molekulare Verständnis der Transportprozesse mit Hilfe von Experimenten und Simulationen. Nur mit einem detaillierten Wissen der Prozesse auf molekularer Ebene ist eine zielgerichtete Weiterentwicklung von Anwendungen möglich. Die dargestellten Forschungsergebnisse kamen aus den verschiedensten Disziplinen, beispielsweise theoretischer und experimenteller Biophysik, (Bio)chemie bis hin zur Mikrobiologie.

Das Vortragsprogramm bestand zum einen aus eingeladenen Vorträgen, zum anderen aus einer großen Anzahl von ausgewählten Teilnehmervorträgen. Zusätzlich gab es Zeit für ausgiebige Diskussionen der Teilnehmer an den Posterbeiträgen oder zu möglichen Zusammenarbeiten. Viel Wert wurde darauf gelegt, dass die jungen Wissenschaftler aus der gesamten Welt direkt mit den Experten des Gebietes diskutieren konnten. Dieses sehr international aufgestellte WE-Heraeus-Seminar wurde von Teilnehmern, Sprechern und Organisatoren einhellig als sehr gelungen eingeschätzt. Ganz besonders bedanken möchten wir uns, auch im Namen aller Teilnehmer, bei der WE-Heraeus-Stiftung für die großzügige finanzielle Unterstützung.

Ulrich Kleinekathöfer, Mathias Winterhalter und Meni Wanunu

Prof. Dr. Martin Eckstein, Universität Erlangen-Nürnberg; Prof. Dr. Michael Knap, TU München

Dr. Albert Roura, Universität Ulm; Dr. Rainer Kaltenbaek, Universität Wien; Dr. Magdalena Zych, University of Queensland, Australien

Prof. Dr. Ulrich Kleinekathöfer, Prof. Dr. Mathias Winterhalter, Jacobs Universität Bremen; Prof. Meni Wanunu, Northeastern University Boston/USA