

How Primitive Are Comets?

615. WE-Heraeus-Seminar

Dieses Seminar fand vom 25. bis 29. April 2016 im Physikzentrum Bad Honnef statt und beruhte auf einer Idee, die etwa anderthalb Jahre zuvor bei der Tagung der amerikanischen Planetologen (DPS) in Tucson geboren worden war: Trotz der exzellenten Beobachtungen des Kometen 67P/Tschurjumov-Gerasimenko (67P) durch die Rosetta-Mission ist immer noch nicht klar, wie der Kern eines Kometen entstanden und aufgebaut ist, wie primitiv dessen Zusammensetzung ist und ob die Kometen Morphologie und molekulare Zusammensetzung der interstellaren Materie geerbt haben oder im solaren Nebel völlig verändert wurden.

Die Hauptthemen des von 45 internationalen Teilnehmern besuchten Seminars waren daher:

- Was können wir aus der Zusammensetzung der Kometen über die Entstehung des Sonnensystems lernen?
 - Was haben wir bisher von der Rosetta-Mission über den Kometenkern gelernt?
 - Laboruntersuchungen zur Physik und Chemie des Kometen.
 - Theoretische Modellierung der verschiedenen Prozesse bei Kometen.
- Den Vorträgen folgten ausführliche Diskussionen, Postersitzungen und mehrere Debattierunden zu ausgewählten Themen. Highlights waren der Nachweis von O_2 , N_2 , schwefelhaltigen Molekülen sowie der Aminosäure Glycin. Die Überraschung, dass die Oberfläche von 67P unerwartet hart ist, ist möglicherweise Folge eines deutlich höheren Staub-zu-Eis-Verhältnisses als früher vermutet.

Beobachtungen des Instruments Rosina auf Rosetta deuten auf sehr tiefe Temperaturen (ca. 30 K) bei der Bildung des Kerns des Kometen 67P hin. Kontrovers diskutiert wurde, ob die nachgewiesenen „super volatiles“ (O_2 , N_2 , Ar) auf deren Einschlüsse in amorphes oder kristallines Wassereis schließen lassen. Amorphes Eis bildet sich nur unter den Bedingungen von Molekülwolken, während sog. Clathrate im solaren Nebel entstanden sein können. Es bleibt wohl zukünftigen Missionen zu Kometen vorbehalten, dies zu klären.

Aus den Daten der verschiedenen Instrumente von Rosetta kristallisiert sich langsam ein konsistentes Bild über die Entstehung von Kometenkernen heraus: Wolken aus zentimetergroßen Staubklumpen kollabieren unter ihrer eigenen Gravitation gemächlich zu lockeren Staubhaufen, welche mit Wassereispartikeln durchsetzt sind. Ein solches Szenario kann viele der gemessenen Eigenschaften von Kometenkernen erklären. Allerdings lässt sich nicht abschließend klären, ob der Gravitationskollaps im solaren Nebel stattfand und die kilometergroßen Kometen seither unbeschadet in den äußeren

Bereichen des Sonnensystems wandelten oder ob sie Produkte katastrophaler Kollisionen größerer Körper sind.

Für zukünftige Zusammenarbeiten der Seminarteilnehmer wurden Arbeitsgruppen zur Modellierung von Kometenkernen, zu Laboruntersuchungen sowie zur Definition neuer Kometenmissionen ins Leben gerufen. Die von allen Teilnehmern hochgelobte einzigartige Arbeitsatmosphäre im Physikzentrum bot außerdem genug Zeit für ausführliche Diskussionen in- und außerhalb des Hörsaals. Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige Unterstützung.

Jürgen Blum und Murthy Gudipati

Ultracold Quantum Gases – Current Trends and Future Perspectives

616. WE-Heraeus-Seminar

Die Faszination, die von der Physik ultrakalter Quantengase ausgeht, war während des 616. WE-Heraeus-Seminars greifbar, das mit 85 Teilnehmern aus 24 Ländern vom 9. bis 13. Mai im Physikzentrum in Bad Honnef stattfand. 25 eingeladene Hauptvorträge internationaler Experten, acht kürzere Vorträge von Nachwuchswissenschaftlern und 44 Posterbeiträge gaben einen eindrucksvollen Überblick über das vielfältige Gebiet verdünnter atomarer und molekularer Gase. Einerseits handelte es sich um eine spannende Bestandsaufnahme der aktuellen Forschung, andererseits gab es einen lebhaften Ausblick auf künftige Perspektiven und gerade entstehende Forschungsfelder. Dabei zeigte sich, dass sich ultrakalte Quantengase dadurch auszeichnen, dass mittlerweile alle Systemparameter wie Fallengeometrie, Teilchendispersion sowie Stärke und Reichweite der Wechselwirkung zwischen den Teilchen präzise kontrollierbar sind. Aufgrund dieser hohen Flexibilität eignen sich ultrakalte Quantengase als Simulatoren für Phänomene in den verschiedensten physikalischen Teildisziplinen, gleichzeitig erlauben sie es, neuartige Materiezustände zu erzeugen und zu untersuchen.

Zurzeit ist beispielsweise topologische Quantenmaterie aus kalten Atomen ein „heißes Eisen“. So werden topologische Quantenphasendiagramme ausgemessen, Superfluidität in topologisch nichttrivialen Bändern studiert und topologische Größen in offenen Systemen vorhergesagt. Ferner erlauben neuartige optische Gitter für kalte Atome periodische Muster im sub-Wellenlängen-Bereich. Einen weiteren Schwerpunkt bilden überraschende Effekte, die von der Wechselwirkung herrühren. Durch künstliche Eichfelder bedingt lassen sich Bose-Einstein-Kondensate ohne Superfluidität realisieren.

Außerdem kann eine zu große dipolare Wechselwirkung in einem Bose-Einstein-Kondensat zu einer Instabilität führen, bei der sich aufgrund von Quantenfluktuationen Tröpfchen bilden. Schließlich ermöglichen langreichweitige Wechselwirkungen z. B. in Resonatoren oder bei Anwesenheit von Rydberg-Atomen super-solide Phasen, bei denen die Translationsinvarianz von Bose-Einstein-Kondensaten spontan gebrochen wird. Auch die Nichtgleichgewichtsdynamik ultrakalter Atome ist ein weites Feld. So werden zurzeit Vortizes und Solitonen, der Einfluss von Dissipation, der Atomtransport zwischen zwei Reservoirs und Quantenturbulenz intensiv untersucht. Im Hinblick auf die kondensierte Materie beschränkte sich das Seminar auf zwei aktuelle Themen: Im Quantenmagnetismus sind erste anti-ferromagnetische Korrelationen bei zweidimensionalen Fermi-Gasen im Quantengas-Mikroskop beobachtet worden, und Magnonen-Bose-Einstein-Kondensate versprechen wichtige Anwendungen in der Spintronik. Außerdem ermöglicht die Untersuchung der Dynamik von Verunreinigungen in ultrakalten Quantengasen fundamentale Einsichten in das Bose- bzw. das Fermi-Polaron-Problem und damit in das interessante Wechselspiel von Wenig- und Vielteilchen-Physik.

Im Namen aller Teilnehmer danken wir der WE-Heraeus-Stiftung für die großzügige Finanzierung der Tagung sowie für die organisatorische Unterstützung.

Axel Pelster und Carlos Sà de Melo

Quantifying Complex Transport with Lévy Walks: From Cold Atoms to Humans and Robots

617. WE-Heraeus-Seminar

Ein Nanocluster aus Gold, der über Graphit dahintreibt, ein Albatros auf der Jagd nach Fisch, T-Zellen, die ein Pathogen verfolgen und Sammler vom Stamm der Hazda – überall zeigt die Bewegung ein Muster, bei dem sich die Längenverteilung der Wegstücke durch ein Potenzgesetz beschreiben lässt. Die Varianz einer Gauß-Verteilung nimmt zeitlich gesehen linear zu, bei den obigen genannten Vorgängen ist jedoch ein schnellerer Zuwachs zu verzeichnen. Diese Muster lassen sich detailgetreu mit einem Modell nachbilden, dessen Grundkonstruktion recht einfach ist: den Lévy-Walks.

Mit diesem Modell wurden bereits erfolgreich zahlreiche nicht-triviale Ausbreitungsprozesse beschrieben, und immer wieder ergeben sich neue Anwendungen – in der Festkörperphysik, der Umweltforschung, bei der Planung von Mobilfunknetzen, in der Robotik, ja sogar in der Kriminologie. Vasily Zaburdaev (MPIPKS Dresden) stellte in einem mit-

Prof. Dr. Jürgen Blum (TU Braunschweig); Dr. Murthy Gudipati (NASA/JPL)

Priv.-Doz. Dr. Axel Pelster, TU Kaiserslautern; Prof. Carlos Sà de Melo, Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA