

Levitierte Optomechanik

699. WE-Heraeus-Seminar

Der Physik-Nobelpreis 2018 würdigte die Erfindung der optischen Pinzette, mit deren Hilfe sich mikroskopische Objekte mit Lichtkräften in der Schwebe halten und manipulieren lassen. Das junge Forschungsfeld der levitierten Optomechanik setzt die Reaktion des elektromagnetischen Feldes auf die Teilchenbewegung gezielt ein, um schwebende nanoskalige Objekte in ihrer Bewegung zu kühlen und als hochpräzise Sensoren zu verwenden. Ein großer Vorteil besteht in der nahezu perfekten thermischen Isolation des Systems, die selbst quantenmechanisches Verhalten für lange Zeit aufrecht erhalten kann.

Beim Seminar vom 29. Juli bis 1. August 2019 im Physikzentrum Bad Honnef wurde erstmals bekannt gegeben, dass es gelungen ist, ein levitiertes Quarz-Kügelchen in den quantenmechanischen Grundzustand seiner Bewegung zu kühlen. Dieser lange erhoffte experimentelle Durchbruch, der auf der phasenkohärenten Streuung des Lichts einer optischen Pinzette in einen Hohlraumresonator basiert, eröffnet eine Vielzahl experimenteller Anwendungen, beispielsweise quantenmechanische Superpositionen höchster Makroskopizität herzustellen und nachzuweisen oder mehrere levitierte Nanoteilchen miteinander zu verschränken. Bereits in ihrem klassischen Verhalten können frei schwebende Objekte Bemerkenswertes leisten. Dazu gehört die Detektion von Gravitationswellen, die Suche nach exotischer Dunkler Materie und die Vermessung von Feldern auf dem Niveau von Zeptonewton. Eine Besonderheit schwebender Teilchen ist ihre Fähigkeit, sich wie ein Kreisel zu drehen. Es gab Vorträge zu der höchsten jemals erreichten Rotationsfrequenz, von der präzisesten je beobachteten Zeigerbewegung sowie von der Möglichkeit, Superpositionen verschiedener Orientierungen herzustellen. Bemerkenswerte Effekte der Eigendrehung zeigen superfluide Helium-Tröpfchen oder Nano-Diamanten, deren Farbzentren sich mit Mikrowellenfeldern manipulieren lassen.

Die levitierte Optomechanik stellte sich als ein aufstrebendes Forschungsgebiet dar, von dem noch Erstaunliches zu erwarten ist. Stellvertretend für die jüngeren Teilnehmer wurden Julien Simon Pedernales von der U Ulm und Dominik Windey von der ETH Zürich mit Posterpreisen ausgezeichnet. Im Namen aller Teilnehmer bedanken wir uns ganz herzlich bei der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung und beim Physikzentrum Bad Honnef für die perfekte Organisation.

Prof. Dr. Klaus Hornberger, U Duisburg-Essen, **Dr. James Millen**, King's College London und **Prof. Dr. Markus Arndt**, U Wien

The Science Cloud – Towards a Research Data Ecosystem for the next Generation of Data-intensive Experiments and Observatories

711. WE-Heraeus-Seminar

Die Großgeräte der Physik und Astronomie erzeugen eine schnell wachsende Menge von Daten, die bald die Skala von Exabytes durchbrechen wird. Ihre Speicherung und Verarbeitung erfordert neue Lösungsansätze vor dem Hintergrund begrenzter Ressourcen. Die Datenzentren und wissenschaftlichen Nutzer sollen zukünftig in eine European Open Science Cloud (EOSC) eingebettet werden, die einen barrierefreien Zugriff auf die Daten ermöglicht und die Handhabung komplexer Datenstrukturen vereinfacht. Dabei sollen die Daten Findable, Accessible, Interoperable und Reusable (FAIR) sein. Ein gutes Beispiel dafür, was ein vereinfachter Zugriff auf digitale Forschungsdaten ermöglicht, liefert der Sloan Digital Sky Survey, der die wissenschaftliche Produktivität explodieren ließ und „Citizen Science“ erlaubte. Ausgehend von den enormen Herausforderungen der nächsten Generation großer Experimente diskutierten die Teilnehmer dieses Seminars, das vom 12. bis 15. Januar im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, wie man den wachsenden Anforderungen gerecht werden kann. Dazu zählt auch die Anforderung, große Datenvolumina direkt mit hochaufgelösten Computersimulationen zu vergleichen, um Theorien zu testen. Besonders Interesse gilt Methoden des Maschinellen Lernens jenseits der heute üblichen Tensorflow-Anwendungen. Stromsparende Komponenten wie FPGAs, Photonik oder memristive und neuromorphe Schaltkreise könnten dazu beitragen, leistungsfähigere Green-IT-Architekturen aufzubauen.

Eine Schlüsselrolle für die Science Cloud spielt der wissenschaftliche Nachwuchs, der die Datenanalyse-Software, Dienste und Plattformen an der Schnittstelle zwischen Experiment und Nutzergemeinschaft entwickelt. Neben besserer Sichtbarkeit und Stellensituation für den Nachwuchs gilt es, die experimentübergreifende Organisation und Kommunikation zu verbessern. Dies soll unter anderem die geplante Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) leisten. Das Seminar wurde als sehr gelungener Auftakt angesehen, die verschiedenen Akteure zusammenzubringen, Lösungsansätze aufzuzeigen und um Synergien zwischen den Disziplinen zu generieren. Wir danken der WE-Heraeus-Stiftung für die großzügige Förderung des Seminars sowie für die exzellente Organisation und dem hervorragenden Team des Physikzentrums als Gastgeber.

Dr. Andreas Haungs, KIT Karlsruhe, **Prof. Dr. Karl Mannheim**, U Würzburg und **Prof. Dr. Matthias Steinmetz**, Leibniz-Institut für Astrophysik, Potsdam

Energy Efficient Magneto-electric Materials by Ionic Approaches

712. WE-Heraeus-Seminar

Das Seminar zu magneto-ionischen Materialien vom 26. bis 29. Januar fand im Physikzentrum in Bad Honnef statt und verknüpfte die beiden Disziplinen des Magnetismus und der Elektrochemie. In magneto-ionischen Materialien lassen sich mithilfe elektrochemischer Prozesse verschiedene magnetische Zustände reversibel und teilweise nichtflüchtig einstellen. Das Setzen der Zustände erfolgt weitgehend ohne Joulesche Energieverluste, da ein elektrisches Feld die ionischen Änderungen initiiert. Die Magneto-Ionik liefert damit einen neuen Weg zu energieeffizient steuerbaren magnetischen Materialien.

Beim Seminar diskutierten internationale herausragende Wissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler aus 14 Ländern sehr angeregt über neue Erkenntnisse, Herausforderungen und das Anwendungspotenzial magneto-ionischer Materialien. Dabei wurden magnetische Schichten und Nanomaterialien in Kombination mit festen oder flüssigen Elektrolyten vorgestellt. Zu den Fortschritten zählen die magneto-ionische Kontrolle der Dzyaloshinskii-Moriya-Wechselwirkung, des Exchange Bias sowie des Schaltens zwischen superparamagnetischen und ferromagnetischen Zuständen. In-situ-Röntgenabsorptionsspektroskopie und Neutronenstreuung charakterisieren die Änderungen der Ionenverteilung und detektieren den Magnetismus.

Eine wichtige Herausforderung besteht darin, die Geschwindigkeit magneto-ionischer Reaktionen zu erhöhen. Ein Highlight war der Vortrag von Geoffrey Beach (MIT, Cambridge, USA), der die auf Wasserstoff-basierte Magneto-Ionik für höhere Schaltgeschwindigkeiten bis in den ms-Bereich vorschlug. Die Analogie zu resistiv schaltenden Materialsystemen machte deutlich, dass auch in Sauerstoff-basierten magneto-ionischen Systemen Schaltgeschwindigkeiten bis in den ps-Bereich zu erwarten sind.

Im Physikzentrum herrschte ein sehr intensiver interdisziplinärer Austausch. Viele neue Ideen zum Verständnis der Magneto-Ionik und der Anwendung für energieeffiziente Datenspeicherung, magnetische Aktoren und Neuromorphic Computing kamen auf. Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung sehr herzlich für die großzügige finanzielle und perfekte organisatorische Unterstützung und dem Physikzentrum für den reibungslosen und stimmungsvollen Ablauf vor Ort.

Dr. Karin Leistner, IFW Dresden, **Prof. Jordi Sort Viñas**, U Barcelona, Spanien und **Dr. Robert Kruk**, Karlsruher Institut für Technologie