

Few body dynamics in atomic and molecular systems

Internationale Wilhelm und Else Heraeus-Sommerschule

Neuartige Lichtquellen und differentielle Messtechniken haben es in den letzten Jahren ermöglicht, unser Verständnis der Wechselwirkung von Atomen, Molekülen und Clustern mit geladenen Teilchen und Licht zu vertiefen. So können heutzutage bei einem Aufbruch eines Systems in drei oder vier Fragmente die vollständigen Impulsvektoren aller Teilchen gemessen werden. Die Entwicklung von ultrakurzen Laserpulsen eröffnet zum anderen die Perspektive, die Dynamik der Fragmentation zeitlich zu beobachten und möglicherweise sogar zu kontrollieren. Die rasante Entwicklung auf der technologischen Seite bedeutet aber nicht gleichzeitig, dass wir bereits auch zu einem vollständigen physikalischen Bild der Prozesse gelangt sind.

Davon konnten sich 68 junge Wissenschaftler (Doktoranden und Postdoktoranden) aus 13 Nationen überzeugen, die vom 10. bis zum 23. September in der LEUCOREA in Wittenberg zusammenkamen, um den Stand der Forschung und die Perspektiven kennenzulernen und zu diskutieren. Zwölf hochkarätige internationale Experten vermittelten ihr Wissen in jeweils drei Doppelstunden, wobei der Blick auf die experimentelle Forschung und das theoretische Verständnis gleichberechtigt nebeneinander standen.

Die Teilnehmer begrüßten, dass auf diese Weise einzelne Themenkreise aus verschiedenen Blickwinkeln beleuchtet und auch ungelöste Probleme oder Widersprüche angesprochen wurden. Die Themen der Vorträge reichten von der Wechselwirkung einzelner Photonen mit Atomen bis zur Fragmentation von großen Clustern in einem intensiven Laserpuls. In diesem weiten Spektrum wurden u. a. die Möglichkeiten der Abbildung eines molekularen Systems auf der Attosekunden-Zeitskala und der kohärenten Kontrolle besprochen. In mehreren Vorträgen wurden die Gemeinsamkeiten und Unterschiede des Verhaltens eines Targets auf unterschiedliche äußere Einwirkungen, wie Synchrotronstrahlung, Einschuss eines geladenen Teilchens oder ein starkes Laserfeld, diskutiert. Eine Vielfalt von theoretischen Ansätzen (Störungstheorie, semiklassische Theorie, Dichtefunktionaltheorie, ab-initio numerische Methoden etc.) wurden vorgestellt und kritisch hinterfragt.

Intensive Diskussionen zwischen den Teilnehmern und den Vortragenden prägten die Vorträge. Die zahllosen Gespräche wurden abends und zum Teil bis tief in die Nacht im „Quantum Dynamics“ Biergarten im Hof der LEUCOREA fortgesetzt. Dort wurden viele neue Kontakte geknüpft, gegenseitige Besuche geplant,

gemeinsam getanz und nebenbei so manches Bierfass geleert. Das spätsommerliche Wetter und der besondere Charme der LEUCOREA und der Stadt Wittenberg taten ein übriges, um die zwei Wochen für alle Teilnehmer nicht nur wissenschaftlich zu einem Erlebnis werden zu lassen. Oder um es stellvertretend mit den Worten eines der Teilnehmer zusammenzufassen: „One feels like one part of a new generation of scientists, not only as a scientist as such. This makes a huge difference to me!“

Im Namen aller Teilnehmer der Sommerschule danken wir der Verwaltung, Technik und Cafeteria der LEUCOREA für die große Gastfreundschaft, der Wilhelm und Else Heraeus Stiftung für die Finanzierung und Frau Lang und Herrn Dr. Dreisigacker für die professionelle und unbürokratische Hilfe bei der Organisation.

Andreas Becker, Reinhard Dörner und Michael Walter

Cold Molecules

379. WE-Heraeus-Seminar

Das Forschungsgebiet der kalten Moleküle hat sich in den letzten 10 Jahren zu einem sehr aktiven Feld entwickelt. Zu verdanken ist dies zum einen der rasanten Entwicklung verschiedenster Methoden, die es erlauben, ultrakalte Moleküle in nur wenigen bzw. in nur einem einzigen Zustand herzustellen, zum anderen den enormen Fortschritten bei theoretischen Berechnungen interessanter neuer Eigenschaften kalter Moleküle, die die Experimentatoren stetig unterstützen und neu fordern. Die Herstellungsmethoden kalter Moleküle lassen sich in (wenigstens) zwei grundsätzlich voneinander verschiedene Kategorien aufteilen: die Erzeugung von Dimeren aus ultrakalten Atomen und die direkte Kühlung stabiler Moleküle aus der Gasphase. Vom 29. Oktober – 2. November 2006 kamen 74 Wissenschaftler aus 16 Ländern zum 379. Heraeus-Seminar „Cold Molecules“ ins Physikzentrum Bad Honnef, um in 31 Vorträgen sowie einer ausgedehnten Postersitzung die neuesten Entwicklungen auszutauschen und zu diskutieren.

Ein bedeutender Fortschritt in der Herstellung kalter Dimere aus ultrakalten Atomen ist die Assoziation in optischen Gittern mit zwei Atomen pro Gitterplatz (C. Ospelkaus, U Hamburg; T. Esslinger, ETH Zürich; G. Rempe et al., MPQ Garching), welche ungleich besser funktioniert als in einer makroskopischen Falle. Insbesondere werden durch die Abschirmung gegen Stöße störende inelastische Stoßprozesse völlig ausgeschaltet. Dieser Mechanismus könnte sich als neue Methode der Wahl für die effiziente Erzeugung von Molekülen in kalten Gasen

sowie für die Realisierung neuer Quantenzustände, wie einem molekularen Bose-Einstein-Kondensat aus Grundzustandsmolekülen, herausstellen. Darüber hinaus gibt es auch erste Hinweise auf Trimer- und Tetramer-Verbindungen, gebildet aus kalten Atomen (H.-C. Nägerl, U Innsbruck).

Eine interessante Erweiterung ist die Ausnutzung ultraschneller Femtosekunden-Laserpulse zur optimalen und kontrollierten Photoassoziation kalter Atome. Roland Wester, U Freiburg, stellte experimentelle Ergebnisse zur Bildung von Rb₂-Dimeren aus ultrakalten Rb-Atomen vor. Auf diesem Gebiet gibt es auch intensive theoretische Aktivitäten (C. Koch, FU Berlin; R. Kosloff, Hebrew University Jerusalem), die die Experimente leiten und ergänzen.

Nicolas Vanhaecke (Laboratoire Aimé Cotton, Orsay) berichtete von einer neuen Abbremsmethode ausgehend von stabilen Spezies unter Verwendung geschalteter magnetischer Felder. Durch geschicktes schnelles Ein- und Ausschalten der Magnetfelder können so paramagnetische Spezies abgebremst werden. Hierzu sind allerdings sehr hohe Magnetfelder nötig, so dass es bis dato quasi unmöglich war, diese mit der benötigten Geschwindigkeit zu schalten. Unter anderem ermöglichten fundamentale technische Neuerungen der Elektronik nun die erfolgreiche Realisierung dieses so genannten Zeeman-Abbremsers. Das generelle Vorgehen ist analog zu einem so genannten Stark-Abbremsers, der geschaltete elektrische Felder verwendet und bereits seit mehreren Jahren erfolgreich für die Darstellung kalter Moleküle und verschiedenster Anwendungen verwendet wird. Ein besonderes Highlight sind hier die Stoßexperimente zwischen Paketen von Xe-Atomen und langsamen OH-Radikalen (S. Y. T. van de Meerakker (FHI Berlin)).

Die aktuellen stürmischen Entwicklungen lassen für die nächsten Jahre weitere große Durchbrüche erwarten und bieten ein hohes Entwicklungspotenzial gerade auch für den wissenschaftlichen Nachwuchs.

Melanie Schnell

Priv.-Doz. Dr. Andreas Becker, Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme, Dresden; Prof. Dr. Reinhard Dörner, Universität Frankfurt/M.; Dr. Michael Walter, Universität Jyväskylä, Finnland

Dr. Melanie Schnell, Fritz-Haber-Institut, Berlin