

Vorträge im Physikalischen Kolloquium Wintersemester 2012/13

Mittwochs 16 Uhr c.t., Hörsaal _111 (EG), Max-von-Laue-Str. 1

17.10.12 Prof. Dr. Thomas Wilhelm, Institut für Didaktik der Physik, Goethe-Universität
Frankfurt

Antrittsvorlesung

Videoanalyse und Modellbildungsprogramme als Beispiele für Experimentieren und Modellieren

Physik ist ein Wechselspiel aus Experimentieren und Modellieren und für beides nimmt man sich den Computer als Werkzeug. In dem Vortrag wird gezeigt, welche modernen Möglichkeiten es gibt, dies auch in der Lehre in Schule und Universität einzusetzen. Im ersten Vortragsteil werden neue Möglichkeiten der digitalen Videoanalyse von Bewegungen als berührungsfreie, attraktive Messwerterfassungsmöglichkeit vorgestellt. Hier können die Bewegungen mehrerer Objekte sehr einfach und automatisch erfasst werden und es können viele verschiedene Darstellungsmöglichkeiten genutzt werden. So können im Video Größen sichtbar gemacht werden, die sonst für das Auge nicht fassbar sind wie die „Geschwindigkeit“ und die „Beschleunigung“, deren vektorieller Charakter durch die Darstellung von bewegten Pfeilen betont wird. Verschiedene interessante und alltagsnahe Anwendungsbeispiele aus Sport und Freizeit werden aufgezeigt, u.a. mit Hochgeschwindigkeitskameras. Themen außerhalb der Mechanik sind der Bierschaumzerfall, der häufig als Analogon zum radioaktiven Zerfall verwendet wird, und Modellgase bzw. Modelle der Brownschen Bewegung. Im zweiten Teil wird auf die mathematische Modellbildung mit Hilfe von Modellbildungsprogrammen eingegangen, wodurch die Behandlung komplexerer Situationen möglich ist, zu deren Berechnung die Schulmathematik nicht ausreicht. Ein Beispiel wird vorgestellt.

24.10.12 Prof. Dr. Roderich Moessner, Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme,
Dresden

Magnetic monopoles in spin ice

Fractionalisation is a striking emergent phenomenon, in which an 'elementary' particle breaks up into two independent entities. A celebrated example of this is spin-charge separation, in which an electron's magnetic (spin) and electric (charge) properties appear to become independent degrees of freedom. The spin ice materials - $\text{Dy}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ and $\text{Ho}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ - provide a rare instance of fractionalisation in three dimensions: their atomic magnetic dipole moments fractionalise, resulting in elementary excitations which can be

thought of as magnetic monopoles [1]. This colloquium presents a self-contained introduction to theoretical concepts and experimental phenomena in the physics of spin ice. It focuses on the unique signatures of the peculiar nature of its ground state and its excitations. These include unusual neutron scattering structure factors [2-4], rich non-equilibrium physics [5], as well as a response to external magnetic fields that promotes spin ice as a magnetic Coulomb liquid [1], a magnetic analogue of an electrolyte [6]. Finally, this talk addresses open questions and future perspectives for detecting individual monopoles, among them a (thought-)experiment inspired by high energy physics.

[1] C. Castelnovo, R. Moessner, and S. L. Sondhi, *Nature* 451, 42 (2008). [2] H. Kadowaki, N. Doi, Y. Aoki, Y. Tabata, T. J. Sato, J. W. Lynn, K. Matsuhira, and Z. Hiroi, *J. Phys. Soc. Jpn.* 78, 103706-1 (2009). [3] T. Fennell, P. P. Deen, A. R. Wildes, K. Schmalzl, D. Prabhakaran, A. T. Boothroyd, R. J. Aldus, D. F. McMorrow, and S. T. Bramwell, *Science* 326, 415 (2009). [4] D. J. P. Morris, D. A. Tennant, S. A. Grigera, B. Klemke, C. Castelnovo, R. Moessner, C. Czternasty, M. Meissner, K. C. Rule, J.-U. Hoffmann, K. Kiefer, S. Gerischer, D. Slobinsky, and R. S. Perry, *Science* 326, 411 (2009). [5] C. Castelnovo, R. Moessner, and S. L. Sondhi, *Phys. Rev. Lett.* 104, 107201 (2009). D. Slobinsky, C. Castelnovo, R. A. Borzi, A. S. Gibbs, A. P. Mackenzie, R. Moessner, S. A. Grigera, *Phys. Rev. Lett.* (105) 267205, 2010. [6] S. T. Bramwell, S. R. Giblin, S. Calder, R. Aldus, D. Prabhakaran, and T. Fennell, *Nature* 461, 956 (2009).

31.10.12 Dr. Till Jahnke, Institut für Kernphysik, Goethe-Universität Frankfurt

Interatomic Coulombic Decay - ein neuartiger, interatomarer Zerfallsmechanismus

Mit Interatomic (oder Intermolecular) Coulombic Decay (ICD) wurde vor etwa 15 Jahren ein neuartiger Zerfallsmechanismus vorhergesagt [1], bei dem die Anregungsenergie eines Atoms an ein Nachbaratom oder Nachbarmolekül übertragen wird. Dies geschieht erstaunlicherweise in Verbänden von nur locker gebundenen Atomen und Molekülen und somit über große Entfernungen hinweg. Nachdem der Prozess vor einigen Jahren experimentell eindeutig nachgewiesen werden konnte [2], stellte sich heraus, dass ICD ein sehr allgemeines Phänomen ist. ICD tritt in einer Vielzahl von Szenarien auf, nach Ionisation, Anregung, aber auch nach lokalen Auger-Zerfällen und wurde seither in vielen verschiedenen Systemen beobachtet. Seit der experimentellen Bestätigung der Existenz von ICD sind daher zu diesem Thema bereits etwa 150 Publikationen erschienen. Ein Aspekt von ICD ist die Emission eines (typischerweise) niederenergetischen Elektrons. Da niederenergetische Elektronen als genotoxisch gelten, wurde mit dem Nachweis von ICD in kleinen Wassertropfen [3,4] vermutet, dass ICD im Bereich Strahlenschäden eine Rolle spielen könnte. Vor kurzer Zeit wurde dieses Szenario umgedreht: Da ICD auch nach einer resonanten Anregung von Atomen nachgewiesen wurde, könnte man es benutzen, um gezielt (durch die resonante Anregung) an einem einzigen Atom in einem komplexen System Energie zu deponieren und dort ICD auszulösen. Das dann entstehende niederenergetische Elektron könnte z.B. erkrankte Zellen angreifen, nachdem diese durch einen Markerstoff (der das resonant angeregte Atom enthält) markiert worden sind. Der Vortrag gibt eine kurze Einleitung in das Thema ICD und zeigt verschiedene Systeme in denen ICD experimentell gefunden wurde und präsentiert die verschiedenen Arten von ICD. Insbesondere wird auf den Aspekt des resonanten ICD eingegangen und experimentelle Ergebnisse eines Modellsystems gezeigt, das Rückschlüsse auf die Geschwindigkeit, mit der ICD stattfindet, zulässt.

[1] Cederbaum, L. S., Zobeley, J., and Tarantelli, F., *Phys. Rev. Lett.*, 79, 4778 (1997).

[2] Jahnke, T., Czasch, A., Schöffler, M. S., Schössler, S., Knapp, A. Käsz, M., Titze, J., Wimmer, C., Kreidi, K., Grisenti, R. E., Staudte, A., Jagutzki, O., Hergenhahn, U., Schmidt-Böcking, H., and Dörner, R., *Phys. Rev. Lett.*, 93, 163401 (2004).

[3] Jahnke, T., Sann, H., Havermeier, T., Kreidi, K., Stuck, C., Meckel, M., Schöffler, M., Neumann, N., Wallauer, R., Voss, S., Czasch, A., Jagutzki, O., Malakzadeh, A., Afaneh, F., Weber, Th., Schmidt-Böcking, H., and Dörner, R. *Nature Physics*, 6, 139 (2010).

[4] Mucke, M., Braune, M., Barth, S., Förstel, M., Lischke, T., Ulrich, V., Arion, T., Becker, U., Bradshaw, A., and Hergenhahn, U. *Nature Physics*, 6, 143 (2010)

07.11.12 **Dr. -Ing. Peter Birkner**, Mitglied des Vorstandes der Mainova AG, Frankfurt

*Die Energiewende in Deutschland und ihre technologischen, wirtschaftlichen
und soziologischen Konsequenzen*

Ausgehend von den politischen Zielen der Bundesrepublik Deutschland bezüglich der Energieversorgung unseres Landes im Jahre 2050 werden die physikalisch-technischen Konsequenzen abgeleitet und das mögliche Zukunftssystem beschrieben. Dabei wird insbesondere die künftige Verfügbarkeit von elektrischer Energie zum richtigen Zeitpunkt und am richtigen Ort diskutiert. Der zeitliche Aspekt beinhaltet geeignete Kraftwerks-, Nachfrage- und Speichertechnologien und wird durch einen „Smart Market“ aber auch durch einen Regelenergiemarkt gesteuert. Der räumliche Aspekt fokussiert auf moderne Übertragungs- und Verteilungsnetze, die als „Smart Grids“ ausgeprägt sind. Darüber hinaus werden die Technologieansätze beschrieben die zum Erreichen der Ziele notwendig sind. Es werden praktische Beispiele genannt, plakative Szenarien entwickelt und die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten der Mainova AG dargestellt. Weiterhin wird die Rolle des Kunden in dieser Energiewelt analysiert und die Begriffe „Smart Meter“ und „Smart Home“ werden erläutert und eingeordnet. Schließlich werden Hinweise zur ordnungspolitischen Steuerung des Transformationsprozesses der Energiewirtschaft gegeben. Den Abschluss bildet eine Betrachtung von neuen Technologien, wie organischen Solarzellen und der Elektromobilität, die im Falle einer Masseneinführung einen deutlichen Einfluss auf die weitere Entwicklung des Stromsystems haben. Die resultierenden Anforderungen werden beschrieben aber auch neue technologische Optionen abgeleitet.

14.11.12 **Dr. Giuliano Franchetti**, GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung,
Darmstadt

The FAIRy tale of the high intensity beams – new horizons in accelerator physics

The production of high intensity beams has always been problematic for new projects. The complexity of the beam transport and the inherent physics have posed challenges that projects would preferably avoid. On the other hand pushing the frontier of new physics relies more and more on the production of high intensity beams in project as for example FAIR, JPARC, and the LHC Intensity Upgrade. After an introduction to the physics of high intensity beams this talk will address how the FAIR project improved the understanding of beam physics.

21.11.12 **Prof. Dr. Peter Hildebrandt**, Institut für Chemie, Technische Universität, Berlin

In situ Raman- und IR-Spektroskopie zur Untersuchung immobilisierter Enzyme

Die Analyse der Struktur und molekularen Funktionsweise von Enzymen auf Elektroden stellt eine zentrale Herausforderung in vielen Feldern der Grundlagen- und der Anwendungs-orientierten Lebenswissenschaften dar. Elektrochemische Techniken, die üblicherweise zur Charakterisierung solcher Systeme eingesetzt werden, liefern keine Informationen über molekulare Struktur und die Reaktionsmechanismen der immobilisierten Proteine. Dieser Nachteil kann durch die komplementären Einsatz der oberflächenverstärkten resonanz-Raman- und Infrarot-Absorptionsspektroskopie (surface enhanced infrared absorption [SEIRA], surface enhanced resonance Raman [SERR]) geschlossen werden. Die Vorzüge dieser Techniken, die statisch oder zeitaufgelöst die Struktur der aktiven Zentren und die potentialabhängigen Strukturänderungen der Enzyme abfragen, können mit der Entwicklung geeigneter biokompatibler Oberflächenbeschichtungen mehr und mehr ausgenutzt werden. Dadurch wird es möglich, realistische Membranmodelle zur Aufklärung elementarer Prozesse von Proteinen an biologischen Grenzschichten zu nutzen und bioelektronische Anordnungen (Biosensoren, Biokatalysatoren) in situ zu studieren.

28.11.12 **PD Dr. Olga Rosmej**, Plasma Physics Department, GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Darmstadt

Superman's X-Ray vision – deeper insight into matter properties

X-rays have a lot of fascinating features; one of them is their capability to give a deeper insight into the structure of matter. This is known by kids reading Superman's comics, by adults visiting the dentist and by scientists using X- and Gamma-rays for the diagnostics of matter structure created in the laboratory. In the lecture we discuss the discovery and origination of X-rays as well as their diagnostic applications in high energy density physics. In this sense experiments with intense heavy ion and laser beams carried out at GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung will be discussed.

05.12.12 **Prof. Dr. Immanuel Bloch**, Max-Planck Institut für Quantenoptik, Garching und Ludwig-Maximilians Universität, München

Controlling and Exploring Quantum Matter at the Single Atom Level

Over the past years, ultracold quantum gases in optical lattices have offered remarkable opportunities to investigate static and dynamic properties of strongly correlated bosonic or fermionic quantum many-body systems. In this talk, I will show how it has now become possible to image and control such quantum gases with single atom sensitivity and single site resolution. Such ultrahigh resolution and sensitivity have for example enabled us to detect 'Higgs' type excitations occurring in the quantum many-body system. I will also present a new method to realize artificial gauge fields for ultracold gases, by which effective magnetic fields of several thousands of Tesla field strength could be created in the laboratory. Finally, I will show how the unique control over ultracold quantum gases has enabled the creation of negative temperature states of matter thereby realizing Bose-Einstein condensation at negative temperatures.

23.01.13 **Prof. Dr. Ferdinand Schmidt-Kaler**, QUANTUM, Institut für Physik, Universität Mainz

Cold ion crystals for quantum computing and quantum simulation

Long lived states in trapped ions are well suited for implementing quantum information processes, generating entangled states in linear ion crystals [1]. Having demonstrated all essential building blocks of quantum interactions [2], future challenges ask for many ionic quantum bits in versatile geometric configurations. We add on the state-of-the-art by combining ion entanglement operations with rapid changes of the ion positions used for fast transports and modifications of ion configurations in two-dimensional crystal arrays. For a scalable quantum computer, we are following the approach proposed by Dave Wineland where ions are transported in a multi-segmented trapping device [3]. To optimize the scheme we have realized ultra-fast ion transports without motional excitation at the destination [4] and generated non-classical quantum states of motion [5]. A second important application of trapped ions is quantum simulation. I outline the formation and precise investigation of planar zig-zag ion crystals [6]. The traversal of a symmetry-breaking phase transition can lead to separated regions with incompatible symmetries and the formation of defects at their boundaries. Such defect formation follows universal scaling laws prescribed by the Kibble-Zurek mechanism, which we observe in the clean model system of trapped ions [7], see Fig. Ions in planar crystals may be employed also for simulating spin-spin interactions in frustrated geometries, highly relevant for the observation of unexplored quantum phases and transitions [8, 9].

[1] "Entangled states of trapped atomic ions", R. Blatt, D. J. Wineland, Nature 453, 1008 (2008). [2] "Observing the Phase Space Trajectory of an Entangled Matter Wave Packet", U. G. Poschinger et al. PRL 105, 263602 (2010). [3] "Architecture for a Large-Scale Ion-Trap Quantum Computer," D. Kielpinski, C.R. Monroe, and D.J. Wineland, Nature 417, 709 (2002). [4] "Controlling fast transport of cold trapped ions", A. Walther et al. PRL 109, 080501 (2012). [5] "Experimental creation and analysis of displaced number states", F. Ziesel et al. arxiv: 1211.5490. [6] "Precise experimental investigation of eigenmodes in a planar ion crystal", H. Kaufmann et al. arXiv: 1208.4040 , PRL (2013). [7] "Observation of the Kibble-Zurek scaling law for defect formation in ion crystals", S. Ulm et al. [8] "Quantum Magnetism of Spin-Ladder Compounds with Trapped-Ion Crystals", A. Bermudez et al. NJP 14, 093042 (2012). [9] "Frustrated Quantum Spin Models with Cold Coulomb Crystals", A. Bermudez et al. PRL 107, 207209 (2011).

30.01.13 **Dr. Thomas Pfeiffer**, Max-Planck Institut für Kernphysik, Heidelberg

*Time-Resolved Spectroscopy and Control of Few- and Multi-Electron Dynamics,
Using Attosecond Pulses and Free-Electron Lasers (FELs)*

Two parallel revolutions in ultrafast laser science have led to the generation of attosecond pulsed light on one hand and intense x-ray light on the other hand. Despite this progress on the table-top optical and free-electron laser (FEL) short-pulsed light-source side, direct experimental access to time and space-resolved electronic quantum motion, in particular to the full wave function of two or multiple electrons in atoms or molecules remained a formidable challenge.

One major focus of our research is the development of a universal ultrafast spectroscopy and imaging toolkit, designed for these novel light sources, to gain access to the correlated or concerted motion of few or multiple electrons in matter. Combination of attosecond technology with high-resolution soft-x-ray spectroscopy recently allowed us to measure near-valence wave-packet motion of two excited correlated electrons in helium oscillating with a period of 1.2 fs. We thereby discovered a general control mechanism acting on the phase of two-electron wave functions, an essential ingredient in the laser synthesis of chemical bonds, typically featuring two electrons per binding orbital. Using coincidence detection methods (named reaction microscopes or COLTRIMS) in tandem with an FEL light source, the multiple-ionization dynamics of iodine was measured during its dissociation. This allows us to observe the smooth transition from a molecule to an atom interacting with intense high-frequency FEL pulses, of interest for future applications of x-ray FELs towards the imaging of structure and dynamics in larger molecules of biological interest.

06.02.13 **Prof. Dr. Hans Matthias Getzlaff**, Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf

Magnetic nanoparticles on surface

Nanopartikel befinden sich in Bezug auf die meisten wichtigen physikalischen Eigenschaften zwischen Atomen und makroskopischen Festkörpern. Zusätzlich ist ihr Verhalten größen- und formabhängig. Während freie Partikel zwar aus grundlagenwissenschaftlicher Sicht interessant sind, müssen diese für jede technologische Anwendung jedoch in eine Matrix eingebaut oder auf einer Oberfläche deponiert werden. In meinem Vortrag möchte ich einen Überblick über diese Aspekte geben und mich dann auf die Situation von magnetischen Nanopartikeln auf Oberflächen konzentrieren.
