

Atomic Clocks and Fundamental Constants

388. WE-Heraeus-Seminar

Die fundamentalen Naturkonstanten bildeten den thematischen Rahmen dieses Seminars, bei dem ein weites Spektrum aktueller Arbeiten, von Experimenten mit einzelnen Atomen bis zur Untersuchung der kosmischen Hintergrundstrahlung, vorgestellt wurde. Von großer praktischer Bedeutung sind die Naturkonstanten als mögliche Basis eines Einheitensystems, das Messungen höchster Genauigkeit ermöglicht. In diesem Zusammenhang steht die aktuelle Diskussion über eine Reform des SI-Systems, nach der die Basiseinheiten durch die Festlegung der Zahlenwerte physikalischer Konstanten definiert werden. Zurzeit arbeiten mehrere Gruppen an Präzisionsmessungen der Planck-, Boltzmann- und Avogadro-Konstanten, um neue Definitionen des Kilogramms, des Ampere, des Kelvin und des Mol vorzubereiten. Für eine Neudefinition des Kilogramms werden zwei unterschiedliche Ansätze verfolgt: die sog. Wattwaage, bei der elektrische und mechanische Leistung miteinander verglichen werden, und das Avogadro-Projekt, bei dem die Anbindung an die atomare Massenskala durch die Messung von Masse und Volumen einer hochreinen Kugel aus ^{28}Si erreicht werden soll. Derzeit sind beide Projekte in der Durchführung und bei der Analyse systematischer Einflüsse – es bleibt spannend, ob die Ergebnisse schließlich konsistent sein werden und welcher Ansatz für die Realisierung der Masseneinheit letztlich besser geeignet ist.

Die Verbindung zwischen den praktischen Möglichkeiten der Metrologie und einer grundlegenden Frage der Physik wird besonders deutlich bei der Suche nach möglichen zeitlichen oder räumlichen Veränderungen von Naturkonstanten. Solche Veränderungen werden von theoretischen Modellen vorhergesagt, und über die Suche danach wurde mit

Beiträgen aus der Astrophysik, Kosmologie und über Experimente mit Atomuhren berichtet. Bei der Beobachtung von Absorptionsspektren im Licht von Quasaren waren in den letzten Jahren Hinweise auf eine Zeitabhängigkeit der Feinstrukturkonstanten sowie des Massenverhältnisses von Elektron und Proton aufgetaucht, jeweils in der Größenordnung einer relativen Änderung von 10^{-6} über 10^{10} Jahre. Diese Untersuchungen werden weitergeführt, denn es konnte noch keine Klarheit erzielt werden, ob es sich hier um einen realen Effekt „neuer Physik“ oder um ein systematisches Artefakt der Messungen handelt. Die Laborexperimente mit Atomuhren haben in den letzten Jahren rasche Fortschritte in der Genauigkeit erzielt und sind durchweg verträglich mit der Konstanz der Konstanten. Sie schränken heutige zeitliche Änderungen auf etwa 10^{-16} pro Jahr ein und erreichen damit bei linearer Extrapolation über die Zeit dieselbe Empfindlichkeit wie die Untersuchung der Quasarspektren. Eine wichtige Ergänzung können geplante Experimente mit genauen Uhren auf Raumsonden bilden, die es erlauben, die Gültigkeit der Relativitätstheorie im Sonnensystem zu überprüfen.

Der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung gebührt unser Dank für die Förderung und Organisation dieses Seminars, das einen lebhaften Austausch zwischen den teilnehmenden Wissenschaftlern aus verschiedenen Fachgebieten angeregt und ermöglicht hat.

Ekkehard Peik und Savely G. Karshenboim

Strongly Correlated Plasmas

390. WE-Heraeus-Seminar

Die Physik stark gekoppelter Plasmen hat sich im letzten Jahrzehnt von einem Spezialgebiet der Plasmaphysik zu einem innovativen und übergreifenden Themenfeld entwickelt. Die Behandlung starker Korrelationen und der Wechselwirkung

mit Strahlungsfeldern ist für Nanoplasmen, staubige Plasmen, Elektron-Ion-Plasmen, die Plasmaerzeugung und -Diagnostik mittels intensiver Laser- und Teilchenstrahlen ein zentrales Thema. Durch neue experimentelle Methoden, theoretische Modellierung und ab-initio Simulationen ist ein enormer Fortschritt erreicht worden, der auf diesem Seminar, das vom 15. bis 18. Juli 2007 im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, in 18 Invited Lectures und 11 Topical Talks sowie in Postern dokumentiert wurde.

Clustereigenschaften werden durch gezielte Anregung und Abfrage mit Pump-Probe-Experimenten bei verschiedensten Wellenlängen untersucht. Für die Analyse der zeitaufgelösten Energiedeposition und der anschließenden Coulomb-Explosion werden im Rahmen des Nanoplasma-Modells die Elementarprozesse der Licht-Materie-Wechselwirkung und Konzepte der Plasmaphysik wie etwa Abschirmung berücksichtigt. Eine der noch offenen Fragen ist zum Beispiel, warum hochgeladene Ionen bis zu $Z = 20$ schon bei relativ niedrigen Laserintensitäten von 10^{16} W/cm^2 generiert werden.

Staubige Plasmen erlauben das Studium von Plasma- und Korrelationsphänomenen in klassischen Systemen auf völlig neuen Zeitskalen. Besonders beeindruckend sind hier die Versuche unter Mikrogravitation, die an Bord der Raumstationen MIR und der ISS durchgeführt werden konnten. Mit besonderer Freude wurde deshalb die Verleihung des Ziolkowski-Preises der Russischen Weltraumbehörde an den Referenten Gregor Morfill (MPI Garching) während des Seminars aufgenommen.

Die Erzeugung und Diagnostik von Elektron-Ion-Plasmen mit verschiedenen Methoden, insbesondere mit intensiven Teilchen- und Laserstrahlen, war ein Schwerpunkt des Seminars. Im Rahmen des FAIR-Projekts an der GSI Darmstadt wird dazu ein umfangreiches Plasmaphysikprogramm entwickelt. Die ersten Experimente mit dem Freie-Elektronen-

Dr. Ekkehard Peik, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig; **Dr. Savely G. Karshenboim**, Mendeleev-Institut für Metrologie, St. Petersburg, Russland

Prof. Dr. Ronald Redmer, Institut für Physik Universität Rostock; **Prof. Dr. Dieter H. H. Hoffmann**, Strahlen- und Kernphysik, TU Darmstadt/GSI

Laser FLASH beim DESY in Hamburg wurden dargestellt. Dazu werden neue diagnostische Methoden wie die Röntgen-Thomson-Streuung entwickelt.

Ab-initio-Simulationen und theoretische Modelle haben in den letzten Jahren dank des enormen Zuwachses an Rechenkapazität eine neue Qualität bei der Vorhersagbarkeit von Eigenschaften komplexer Systeme erreicht. So wurden Quanten-Molekulardynamik- und Pfadintegral-Monte-Carlo-Simulationen sowie ihre breite Anwendung bis hin zur Astrophysik und Bose-Einstein-Kondensation in Exzitonen systemen vorgestellt.

Die 60 Teilnehmer haben drei sehr interessante Tage mit intensiven Diskussionen besonders an den schönen Sommerabenden im Physikzentrum verbringen können und danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige Förderung des Seminars und den Mitarbeitern des Physikzentrums für die Unterstützung vor Ort.

Ronald Redmer und Dieter H. H. Hoffmann

Trends in Molecular Biophysical Spectroscopy

393. WE-Heraeus-Seminar

Das Ziel des Seminars, das vom 26. bis 28. April im Physikzentrum in Bad Honnef stattfand, war es, ein Forum zur Präsentation und Diskussion neuester Entwicklungen auf dem hochaktuellen interdisziplinären Gebiet der experimentellen und theoretischen Biospektroskopie zu bieten. Diese soll dazu beitragen, Lebensvorgänge auf molekularer Ebene besser zu verstehen. Dabei stand besonders die Förderung des Austausches zwischen Wissenschaftlern aus verschiedensten Fachgebieten, die an dieser wichtigen Fragestellung arbeiten, im Vordergrund. Eingeladen waren deshalb aktive Forscher aus den Gebieten Physik, Chemie, Physikalische Chemie, Biochemie, Molekulare Medizin, Bio-Informatik und anderen interdisziplinären Bereichen aus Europa und den USA.

19 Vorträge und 20 Poster umfassten experimentelle und theoretische Beiträge aus dem hochaktuellen Gebiet der Biospektroskopie. Die Hauptschwerpunkte dabei lagen auf der Anwendung innovativer spektroskopischer Techniken und leistungsstarker theoretischer Methoden zur spezifischen Detektion und Strukturaufklärung von Biomolekülen sowie der Charakterisierung ihrer spezifischen Funktionen zur Steuerung lebenswichtiger Prozesse.

Obwohl die Teilnehmer aus verschiedenen Teilgebieten der Naturwissenschaften kamen, gelang es den eingeladenen Sprechern, das Übergreifende zu den benachbarten Arbeitsgebieten darzustellen, sodass alle von den Vorträgen profitierten. Das wurde vor allem von Teil-

nehmern, die zum ersten Mal bei einem Heraeus-Seminar dabei waren, positiv bemerkt. Die Vortragenden und die Posterbeiträge berichteten über eine Vielzahl neuester Aspekte und wissenschaftlicher Durchbrüche der experimentellen und theoretischen Biospektroskopie. Neueste Erkenntnisse wurden z. B. auf dem Gebiet chiraler Raman-Spektroskopie einzelner Moleküle, im Rahmen von UV-Resonanz-Raman-Streuung zum Studium von Protein Faltung und von Raman-Methoden für größere Bio-Organismen vorgestellt. Des Weiteren wurde über experimentelle Aspekte der Ultrakurzzeitspektroskopie als Mittel zur Untersuchung molekularer dynamischer Vorgänge berichtet. Die Interpretation experimenteller Daten bedarf einer leistungsstarken Theorie. So gaben die vorgetragenen theoretischen Studien Übersichten über die neuesten umfangreichen Berechnungen angeregter Zustände mittels quantenmechanischer Methoden und molekulardynamischer Simulationen.

Die Organisatoren bedanken sich bei der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige Förderung des Workshops und für die Unterstützung bei der technischen Organisation.

Manfred L. Ristig, Salim Abdali,
Henrik G. Bohr und Jürgen Popp

Interfaces between Physics and Computer Science

International WE-Heraeus Summer School

Schnittstellen zwischen Statistischer Physik, Theoretischer Computer Science und Informatik haben in den vergangenen Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen, da es eine Ähnlichkeit zwischen Kernproblemen von Computer Science und Informatik einerseits und Modellen der Statistischen Mechanik andererseits gibt. Zufallsprozesse in großen Ensembles von interagierenden Einheiten kommen in beiden Bereichen vor, seien die Einheiten so genannte Agenten, Teilchen, Variablen oder Prozessoren. So lassen sich Methoden zum Auffinden der Grundzustandsenergie eines ungeordneten Spinsystems auf die Lösung von Optimierungsproblemen anwenden, oder exakte Abbildungen zwischen Wachstumsprozessen (diffusion-limited aggregation) außerhalb des Gleichgewichts und klassischen Such- und Kodierungsalgorithmen in der Informatik führen auf Lösungen von Problemen, die zuvor in der Informatik als ungelöst galten. Im Hinblick auf Kryptographie ist die experimentelle Realisierbarkeit von Quantencomputern von großer Bedeutung und die Effizienz von Quantenalgorithmen ist von praktischem und theoretischem Interesse.

In der Zeit vom 10. bis 24. Juni 2007 trafen sich etwa 40 Teilnehmer (vorwiegend graduierte Studenten und Postdoktoranden) aus ganz Europa auf dem Campus der Jacobs University in Bremen, um im Rahmen der Sommerschule die Schnittstellen zwischen Physik und Computer Science zu analysieren. Sechzehn international renommierte Sprecher aus dem In- und Ausland präsentierten in 35 Vorlesungen aktuelle Themen aus drei Bereichen, in denen Methoden der Theoretischen Physik auf Optimierung, Kodierung und algorithmische Fragestellungen angewandt wurden.

Der erste Teil (Optimierungsprobleme und Spingläser) handelte von so genannten satisfiability problems (SAT), einer Klassifizierung von algorithmischer Komplexität, Vertex-Überdeckungen von Zufallsgraphen, Kodierung und multi-user communication, der cavity-method in Spingläsern und sog. message-passing-Algorithmen.

Im zweiten Teil (Wachstumsprozesse in der Physik) wurden Wachstumsmodelle auf Bäumen in Beziehung gesetzt zur Konstruktion von verschiedenen Suchbäumen, Phasenübergängen außerhalb des Gleichgewichts und Kondensationsphänomenen in Transportprozessen.

Der dritte Teil (Quantum Computing) enthielt Einführungen in Quantenalgorithmen von Shor und Grover, Josephson-Qubits, deren optische Kontrolle sowie Ursachen und Modelle für Dekohärenz und einen Einblick in Experimente aus der Quantenoptik zur Kontrolle von Kohärenz in Halbleiter-Quantenpunkten. Interessante Querverbindungen zu Modellen der Statistischen Mechanik zeigten sich bei einer bestimmten Darstellung von Zuständen, die als universelle Quelle von Quantum Computing dienen können.

Die Sommerschule machte deutlich, wie vielseitig Methoden aus der Theoretischen Physik Anwendung auch außerhalb der Physik finden, und regte die Teilnehmer an, ihr Wissen über das eigene Arbeitsgebiet hinaus zu erweitern.

Außerhalb der Vorlesungen hatten auch die Teilnehmer Gelegenheit, in Kurzvorträgen ihre aktuellen Arbeiten vorzustellen. Darüber hinaus gab es an den Abenden und am Wochenende bei einer Reihe von Aktivitäten auf und außerhalb des Campus zahlreiche Gelegenheiten, über den Vorlesungsstoff und die eigenen Interessen an diesem Gebiet zu diskutieren und Kontakte zu knüpfen.

Im Namen aller Teilnehmer möchte ich der Heraeus-Stiftung ganz herzlich für die großzügige finanzielle Unterstützung danken.

Hildegard Meyer-Ortmanns

Prof. Dr. Manfred L. Ristig, Institut für Theoretische Physik, Universität zu Köln; Prof. Dr. Salim Abdali, Prof. Dr. Henrik G. Bohr, Department of Physics, Technical University of Denmark, Lyngby /Dänemark; Prof. Dr. Jürgen Popp, Institut für Physikalische Chemie, Universität Jena

Prof. Dr. Hildegard Meyer-Ortmanns, School of Engineering and Science, Jacobs University Bremen