

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