

A 1 Präzisionsspektroskopie I

Zeit: Montag 10:40–12:40

Raum: H6

A 1.1 Mo 10:40 H6

Hydrogen Spectrum and Quantum Electrodynamics — •ULRICH D. JENTSCHURA — Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg

The quantum electrodynamic (QED) theory of hydrogen and deuterium has advanced over the past 10 years and has recently been combined with a generalized least-squares analysis [1], in order to allow for optimal predictions of transition frequencies, besides the determination of the 2002 CODATA values of the Rydberg constant, which is the most accurate physical constant, and the proton and deuteron charge radii. Some of the predicted transition frequencies have relative uncertainties smaller than that of the g -factor of the electron, which was previously the most accurate prediction of QED. Further advances in theory [2] will pave the way for improvements of fundamental constants, anticipating the results of frequency measurements currently in progress in Garching and Paris.

[1] U. D. Jentschura, S. Kotochigova, E.-O. Le Bigot, P. J. Mohr and B. N. Taylor, *Phys. Rev. Lett.* **95**, 163003 (2005).

[2] A. Czarnecki, U. D. Jentschura and K. Pachucki, *Phys. Rev. Lett.* **95**, 180404 (2005).

A 1.2 Mo 10:55 H6

A miniature Electron-Beam Ion Source for in-trap charge breeding of highly charged ions — •JOSEBA ALONSO^{1,2}, KLAUS BLAUM^{1,2}, SLOBODAN DJEKIC³, HANS-JÜRGEN KLUGE², WOLFGANG QUINT², BIRGIT SCHABINGER¹, STEFAN STAHL³, MANUEL VOGEL², and GÜNTHER WERTH¹ — ¹Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Germany — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt, — ³Stahl-Electronics, Mettenheim, Germany

Measurements of the anomalous magnetic moment of the electron bound in hydrogen-like ions with spinless nuclei have proven to be highly sensitive tests of corresponding calculations based on bound-state quantum electrodynamics (BS-QED). An experiment on hydrogen-like calcium $^{40}\text{Ca}^{19+}$ is being prepared [1], which is expected to yield a precision in the order of 10^{-9} for the electronic g -factor. This experiment makes use of an in-trap electron-beam ion source (EBIS) in which the charge breeding of the ions is performed by electron-impact ionization and with which it is possible to measure the energy dependent cross-sections of such process [2]. The charge breeding technique and first results will be presented.

[1] M. Vogel *et al.*, *Nucl. Inst. Meth. B* **235**, 7 (2005)

[2] J. Alonso *et al.*, accepted by *Rev. Sci. Instr.* (2005)

A 1.3 Mo 11:10 H6

Bestimmung des g -Faktors eines gebundenen Elektrons in hochionisierten Kalzium — •BIRGIT SCHABINGER¹, JOSEBA ALONSO^{1,2}, KLAUS BLAUM^{1,2}, SLOBODAN DJEKIC³, H.-JÜRGEN KLUGE^{2,4}, WOLFGANG QUINT², STEFAN STAHL³, MANUEL VOGEL² und GÜNTHER WERTH¹ — ¹Institut für Physik, Johannes Gutenberg-Universität, Germany — ²GSI Darmstadt, 64291 Darmstadt, Germany — ³Stahl-Electronics, 67582 Mettenheim, Germany — ⁴Ruprecht-Karls-Universität, 69047 Heidelberg, Germany

Durch Messungen des magnetischen Moments des gebundenen Elektrons in wasserstoff- und lithiumähnlichen Ionen kann die QED gebundener Zustände getestet werden. In der Vergangenheit wurde dies bereits für Kohlenstoff [1] und Sauerstoff [2] gemacht. Da die Stärke der Effekte jedoch mit Z steigt, sollen nun Messungen an Kalzium durchgeführt werden. Im Versuchsaufbau [3] sollen hochgeladene $^{40}\text{Ca}^{19+}$ und $^{40}\text{Ca}^{17+}$ Ionen mit Hilfe einer Elektronenstrahl-Ionenquelle erzeugt und in einer Doppel-Penningfalle bei 4 K gespeichert werden. Die Messung des g -Faktors erfolgt unter Ausnutzung des kontinuierlichen Stern-Gerlach-Effekts, wobei eine Genauigkeit von einigen 10^{-9} angestrebt wird. Um dies zu erreichen, werden neue Messmethoden eingesetzt, wie z.B. ein phasensensitiver Nachweis [4] des Spinflips. Das Prinzip und der Status des Experiments werden vorgestellt.

[1] H. Häffner *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **85**, 25 (2000)

[2] J. Verdu *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **92**, 9 (2004)

[3] M. Vogel *et al.*, *Nucl. Inst. Meth. B* **235**, 7 (2005)

[4] S. Stahl *et al.*, *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* **38**, 297 (2005)

A 1.4 Mo 11:25 H6

Status von HITRAP an der GSI Darmstadt* — •OLIVER KESTER, LUDWIG DAHL, SERGEY ELISEEV, FRANK HERFURTH, H.-JÜRGEN KLUGE, CHRISTOPHOR KOZHUHAROV, SOPHIE HEINZ, GIANCARLO MAERO, WOLFGANG QUINT, WOLFGANG VINZENZ und DIE HITRAP KOLLABORATION — GSI Darmstadt, Planckstraße 1, D-64291 Darmstadt

Die Anlage zum Abbremsen, Einfangen und Kühlen höchstgeladener Ionen an der GSI, HITRAP, befindet sich im Aufbau im Re-Injektionskanal zwischen Experimentierspeicherung (ESR) und Schwerionensynchrotron (SIS) der GSI Beschleunigeranlage. Ziel des Projektes sind Experimente mit intensiven, gekühlten Strahlen von extrem hochgeladenen Ionen bis zu Uran 92+ bei niedrigen Energien. Diese Ionen werden von der GSI Beschleunigeranlage geliefert und mit dem ESR auf 4 MeV/u abgebremst und in einen entsprechend konzipierten Linearbeschleuniger zum weiteren Abbremsen auf 6 keV/u injiziert. Danach werden die Ionen in einer Penningfalle mittels Elektronen und resistivem Kühlen auf nahezu 4 K gekühlt. Bis zu 100000 Ionen können mit einer Repetitionsrate von 0.1 Hz in Form von hochbrillianten Strahlen den Experimenten zugeführt werden. Dabei können die Ionen in einem kurzen Puls oder quasikontinuierlich aus der Kühlerpenningfalle extrahiert werden. Die Experimente an HITRAP umfassen unter anderem Präzisions- und Laserspektroskopie, neuartige Studien zur Wechselwirkung von Ionen mit Oberflächen sowie Stossexperimente mit vollständiger kinematischer Analyse. Der Status und der Zeitplan dieses mittelfristigen Projektes der GSI sollen diskutiert werden.

A 1.5 Mo 11:40 H6

Cooling of Highly-Charged Ions in a Penning Trap: — •GIANCARLO MAERO¹, FRANK HERFURTH¹, H.-JÜRGEN KLUGE¹, STEFAN SCHWARZ², and GÜNTHER ZWICKNAGEL³ — ¹GSI Darmstadt, Germany — ²MSU, East Lansing, USA — ³Universität Erlangen, Germany

HITRAP will be a facility able to slow down and cool heavy, highly charged ions up to U^{92+} for low and ultralow energy physics investigation such as collision studies, precision measurements and QED tests. Ions stripped of all electrons will be slowed down by an IH-Linac and an RFQ. In a subsequent Penning trap their energy will be taken down to 4 K via electron and resistive cooling. The storage of 10^5 ions and 10^{10} electrons in the trap volume requires to simulate the dynamics of the processes that take place in the trap from injection to extraction. We focus on the equilibrium conditions of the ion cloud under the effect of both the external and space charge potentials, starting after electron cooling has ended.

A 1.6 Mo 11:55 H6

Elektronenstossionisationsquerschnitte von hochgeladenen Argon- und Eisenionen — •GUENTER ZSCHORNACK¹, RENE HELLER², MARTIN KRELLER¹, STEFFEN LANDGRAF¹, ALEXANDRA SILZE¹ und FALK ULLMANN³ — ¹TU Dresden, Institut für Angewandte Physik, Mommsenstr. 13, 01062 Dresden — ²FZ Rossendorf, Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung, PF 510119, 01314 Dresden — ³Leybold Vacuum Dresden GmbH, Zur Wetterwarte 50, 01109 Dresden

Es wurden Experimente an Ionenquellen der Typen Dresden EBIT und Dresden EBIS durchgeführt, um Ionisationsquerschnitte für die Elektronenstossionisation von hochgeladenen Ionen zu bestimmen. Dabei wurden zwei Techniken verwendet: 1. Zeitaufgelöste Röntgenspektroskopie von KLL-DR-Linien von Eisenionen in der Dresden EBIS. Mit dieser Technik wurde der Ionisationsquerschnitt für Fe^{20+} bestimmt. 2. Analyse von Argon-Extraktionspektren aus der Dresden EBIT bei festgehaltenen Elektronenenergie für einzelne Ladungszustände als Funktion der Ionisationszeit. Erhalten wurden Ionisationsquerschnitte für die Einfachionisation von Ar^{10+} bis Ar^{15+} . Die erhaltenen Werte wurden mit Werten aus Approximationsformeln verglichen. Die Bestimmung der Ionisationsquerschnitte erfolgt über Balancegleichungen zur zeitlichen Entwicklung der Ionenladungszustände, aus deren Lösung Übergangsraten der Einfachionisation für verschiedene Ladungszustände erhalten werden. Mit einer effektiven Elektronenstromdichte und dem Überlappfaktor zwischen Elektronenstrahl und Ionenkomponente lässt sich dann der Wirkungsquerschnitt für Einfachionisationsprozesse bestimmen.

A 1.7 Mo 12:10 H6

Messung der Zeitdilatation an schnellen gespeicherten Ionen

— ●SASCHA REINHARDT¹, G. SAATHOFF¹, H. BUHR¹, L. A. CARLSON¹, G. GWINNER², M. HAAS¹, T. W. HÄNSCH³, R. HOLZWARHTH³, G. HUBER⁴, U. D. JENTSCHURA¹, S. KARPUK⁴, C. H. KEITEL¹, C. NOVOTNY⁴, D. SCHWALM¹, TH. UDEM³, A. WOLF¹ und M. ZIMMERMANN³ — ¹MPI für Kernphysik, Heidelberg — ²University of Manitoba, Winnipeg — ³MPI für Quantenoptik, Garching — ⁴Institut für Physik, Universität Mainz

Am Testspeicherring des MPI für Kernphysik werden ⁷Li⁺-Ionen bei einer Geschwindigkeit von 3% bzw. 6,4% der Lichtgeschwindigkeit gespeichert. Mittels kollinearer Sättigungsspektroskopie wird die Übergangsfrequenz des bewegten Ions bei den zwei Geschwindigkeiten mit einer Genauigkeit von 10⁻¹⁰ bestimmt.

Durch Vergleich der beiden Messungen kann im Rahmen der Robertson-Mansouri-Sexl-Testtheorie sowohl Abweichungen von der Zeitdilatation der Speziellen Relativitätstheorie als auch die Übergangsfrequenz im Ruhesystem des Ions bestimmt werden. Die Sensitivität auf eine eventuelle Abweichung von der Zeitdilatation zu dem bisher besten bekannten Wert [1] und auch die Unsicherheit der Übergangsfrequenz des verwendeten Zwei-Niveau-Systems [2] werden um einen Faktor zwei verbessert.

[1] G. Saathoff et al., Phys. Rev. Lett. 91, 190403 (2003)

[2] E. Riis et al., Phys. Rev. A 49, S. 207-220 (1994)

A 1.8 Mo 12:25 H6

QED Tests und Absolutwellenlängenmessungen an Übergängen in hochgeladenen Ionen mit einem neuartigen Röntgenspektrometer

— ●HJALMAR BRUHNS, JOHANNES BRAUN, JOSÉ CRESPO LÓPEZ-URRUTIA und JOACHIM ULLRICH — MPI für Kernphysik, Heidelberg

Die Wellenlängen der $1s2s\ ^3S_1 \rightarrow 1s^2\ ^1S_0$ ("z") und $1s2p\ ^1P_1 \rightarrow 1s^2\ ^1S_0$ ("w") Übergänge in heliumartigen Ar¹⁶⁺, sowie des Lyman- α_1 Übergangs in Cl¹⁶⁺ sind mit der Lyman- α_1 Übergangswellenlänge in Ar¹⁷⁺ als Referenz mit einem neuen Röntgen-Kristallspektrometer an der Heidelberger Elektronenstrahlionenfalle (HD-EBIT) vermessen worden. Ein neuartiges, hochpräzises Verfahren zur Braggwinkelbestimmung wurde entwickelt, welches zwei Strahlen sichtbaren Lichts zur Feststellung des Strahlengangs der Röntgenstrahlung nutzt und Kollimation überflüssig macht, mit entsprechendem Intensitätsgewinn. Dadurch wurde eine in He-artigen Ionen bisher unerreichte relative Genauigkeit von $\Delta\lambda/\lambda < 10^{-5}$ erreicht. Es ergeben sich Hinweise auf Unvollständigkeiten der theoretischen Beschreibung der elektronischen Struktur heliumartiger Ionen.

Anhand erster Resultate wird gezeigt, daß eine modifizierte Version des Spektrometers Absolutmessungen von Wellenlängen mit $\Delta\lambda/\lambda \approx 10^{-6}$ ermöglicht.