

A 6: Precision spectroscopy of atoms and ions II

Time: Monday 16:30–18:30

Location: BAR 205

A 6.1 Mon 16:30 BAR 205

Status of the HITRAP cooler Penning trap. — ●SVETLANA FEDOTOVA¹, NIKOLAAS BRANTJES¹, FRANK HERFURTH¹, NIKITA KOTOVSKIY¹, CLAUDE KRANTZ², GIANCARLO MAERO³, WOLFGANG QUINT¹, MOUWAFAK SHAABAN¹, ALEXEY SOKOLOV¹, and JOCHEN STEINMANN¹ — ¹GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Darmstadt — ²Heidelberg University — ³University of Milano

HITRAP is a facility at GSI, Darmstadt for decelerating, cooling and storing of heavy, highly-charged ions. Bunches of up to 10^5 ions at 6 keV/u, as heavy as U92+, will be injected into the Penning trap for cooling first with electrons and then resistively. Extracted from the trap at low-energy, either quasi-continuous or bunched, ions will be delivered to high-precision atomic physics experiments. The trap is installed into the cold bore of a cryogen-free, 6 T superconducting magnet. Extensive cool down tests provided that the trap electrodes temperature reaches about 10 K which is the temperature the ions are cooled to using resistive cooling. Bunches of 10^{10} electrons can be injected into the trap from an electron source installed downstream. The electrostatic potentials of the trap electrodes will be arranged to form a nested trap in order to allow capture both, ions and electrons, simultaneously inside the trap. The sequence of the different processes: electron injection, ion capture in flight, electron and resistive cooling, controlled ejection - requires a sophisticated control system and extensive simulations. The most recent simulations investigate, for instance, the conditions under which the energy spread can be kept low during continuous ejection.

A 6.2 Mon 16:45 BAR 205

Test der Zeitdilatation mit ${}^7\text{Li}^+$ -Ionen bei einer Geschwindigkeit von 0,338 c — ●BENJAMIN BOTERMANN^{1,2}, CHRISTOPHER GEPPERT^{1,2}, GERHARD HUBER¹, SERGEI KARPUK¹, WILFRIED NÖRTERSCHÄUSER^{1,2}, RODOLFO SANCHEZ^{1,2}, THOMAS KÜHL², CHRISTIAN NOVOTNY², THOMAS STÖHLKER², DENNIS BING³, DIRK SCHWALM³, ANDREAS WOLF³, GERALD GWINNER⁴, THEODOR W. HÄNSCH⁵, SASCHA REINHARDT⁵ und GUIDO SAATHOFF⁵ — ¹Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Mainz — ²GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Darmstadt — ³MPI für Kernphysik, Heidelberg — ⁴University of Manitoba, Winnipeg, Canada — ⁵MPI für Quantenoptik, Garching

Für einen Test der Zeitdilatation wird nach dem Vorbild des Ives-Stilwell Experimentes die Frequenz eines elektromagnetischen Dipolübergangs an schnellen Ionen gemessen und mit den Vorhersagen der Speziellen Relativitätstheorie (SRT) verglichen. Am GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung werden dafür metastabile ${}^7\text{Li}^+$ -Ionen bei einer Geschwindigkeit von 0,338 c gespeichert und mit Laserstrahlen überlagert. Mit dopplerfreien Spektroskopieverfahren konnte die Übergangsfrequenz bei dieser Geschwindigkeit auf 1 MHz genau bestimmt werden. Dies erlaubt einen Test des Zeitdilationsfaktors γ , mit einer gegenüber vorherigen Experimenten [1,2] um einen Faktor 2 verbesserten Genauigkeit von 10^{-8} . Wir präsentieren die Ergebnisse der jüngsten Messungen an der GSI.

[1] S. Reinhardt et al. *Nat. Phys.* **3** (2007) 861.[2] C. Novotny et al. *PRA* **80** (2009) 022107.

A 6.3 Mon 17:00 BAR 205

Messung von Einsteinkoeffizienten mittels absorptiver und dispersiver Atom-Licht Wechselwirkung — ULRICH POSCHINGER¹, ●MAX HETTRICH¹, FRANK ZIESEL¹, ANDREAS WALTHER¹, MARKUS DEISS² und FERDINAND SCHMIDT-KALER¹ — ¹Institut für Physik, Universität Mainz — ²Institut für Quantenmaterie, Universität Ulm

Während atomare Übergangsfrequenzen mittlerweile sehr genau messbar sind, ist dies für die Lebensdauern von angeregten Zuständen nicht der Fall.

Die hier vorgestellte, vollkommen neuartige Methode zur Messung von Einsteinkoeffizienten atomarer Ionen beruht auf Methoden der Quanteninformationsverarbeitung, wie der genauen Messung von AC-Lichtverschiebungen sowie der Zustandspräparation und -auslese mit hoher Güte. Mit nichtresonanten Laserfeldern werden dispersive und absorptive Atom-Licht Wechselwirkungen induziert. Aus der sich ergebenden Populationsdynamik der beteiligten Zustände lassen sich dann die gesuchten Übergangsraten ermitteln. In Experimenten konnten wir

so die Zerfallsrate des $4^2\text{S}_{1/2} - 4^2\text{P}_{1/2}$ Übergangs an einzelnen ${}^{40}\text{Ca}^+$ Ionen sowie das Verzweigungsverhältnis zwischen dem $4^2\text{S}_{1/2}$ und dem $3^2\text{D}_{3/2}$ Zustand bestimmen.

Die verwendete Methode ist jedoch keineswegs auf ${}^{40}\text{Ca}^+$ beschränkt und eröffnet so die Möglichkeit, auch Dipolmatrixelemente anderer Übergänge oder Ionenspezies zu messen.

A 6.4 Mon 17:15 BAR 205

Eine neue verbesserte Messmethode der reduzierten Zyklotronfrequenz für den g -Faktor des gebundenen Elektrons in hochgeladenen Ionen — ●ANKE WAGNER, SVEN STURM, BIRGIT SCHABINGER und KLAUS BLAUM — MPI für Kernphysik, D-69117 Heidelberg, Germany

Hochpräzisionsmessungen des gyromagnetischen Faktors (g -Faktors) eines gebundenen Elektrons ermöglichen einen sehr genauen Test von Rechnungen zur Quantenelektrodynamik gebundener Zustände (BS-QED). Der g -Faktor kann durch die Messung der freien Zyklotronfrequenz und der Larmor-Spinpräzessionsfrequenz bestimmt werden. Um die freie Zyklotronfrequenz zu erhalten, werden die drei Eigenfrequenzen eines Ions in einer Penningfalle bestimmt. Hierbei muss die reduzierte Zyklotronfrequenz mit der höchsten Genauigkeit bestimmt werden. Im letzten Jahr wurde eine neue verbesserte Messmethode entwickelt, die durch eine phasensensitive Messung der reduzierten Zyklotronfrequenz bei sehr niedrigen Zyklotronenergien gleichzeitig eine zehnmal genauere und zwölfmal schnellere Messung als früher ermöglicht. Dies versetzt uns in die Lage den g -Faktor mit einer Genauigkeit besser als 100 ppt zu bestimmen. Das Prinzip der neuen Messmethode sowie erste Ergebnisse werden vorgestellt.

A 6.5 Mon 17:30 BAR 205

Hochpräzise g -Faktor Messungen an hochgeladenen Ionen — ●SVEN STURM, ANKE WAGNER, BIRGIT SCHABINGER, KLAUS BLAUM, JACEK ZATORSKI, ZOLTÁN HARMAN und CHRISTOPH H. KEITEL — MPI für Kernphysik, D-69117 Heidelberg, Germany

Hochpräzisionsmessungen des gyromagnetischen Faktors (g -Faktor) eines gebundenen Elektrons ermöglichen einen sehr genauen Test von Rechnungen zur Quantenelektrodynamik gebundener Zustände (BS-QED). Der g -Faktor kann durch die Messung der freien Zyklotronfrequenz und der Larmor-Spinpräzessionsfrequenz bestimmt werden. Um die freie Zyklotronfrequenz zu erhalten, werden die drei Eigenfrequenzen eines Ions in einer Penningfalle bestimmt. Im letzten Jahr wurden erste Messungen mit dem weiterentwickelten Fallensystem durchgeführt. Diese Ergebnisse werden vorgestellt sowie ein Ausblick auf das weitere Messprogramm und die Möglichkeiten zur Bestimmung von Fundamentalkonstanten gegeben.

[1] H. Häffner *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **85**, 5308 (2000)[2] J. Verdú *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **92**, 093002 (2004)[3] B. Schabinger *et al.*, *J. Phys. Conf. Ser.* **163**, 012108 (2009)[4] M. Vogel *et al.*, *Nucl. Inst. Meth. B* **253**, 7 (2005)

A 6.6 Mon 17:45 BAR 205

Status des Experiments zur Bestimmung des g -Faktors des Protons in einer Penning-Falle — ●HOLGER KRACKE¹, KLAUS BLAUM^{2,3}, ANDREAS MOOSER¹, WOLFGANG QUINT⁴, CRICIA RODEGHERI¹, STEFAN ULMER^{1,2,4} und JOCHEN WALZ¹ — ¹Institut für Physik, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, 55099 Mainz — ²Max-Planck-Institut für Kernphysik, 69117 Heidelberg — ³Ruprecht-Karls-Universität, 69047 Heidelberg — ⁴GSI Darmstadt, 64291 Darmstadt

Ziel des Experiments ist die erste direkte Bestimmung des g -Faktors des Protons mit einer Genauigkeit von 10^{-9} in einem Doppel-Penningfallen-System. Der g -Faktor lässt sich aus dem Verhältnis der freien Zyklotronfrequenz ν_c und der Larmorfrequenz ν_L gemäß $g = 2 \frac{\nu_c}{\nu_L}$ berechnen. Die Ermittlung der Larmorfrequenz ν_L erfolgt mit Hilfe des kontinuierlichen Stern-Gerlach-Effekts durch die Verwendung einer ferromagnetischen Ringelektrode in der sogenannten Analysefalle, die eine Verzerrung der Magnetfeldlinien verursacht. Diese Inhomogenität des Feldes (magnetische Flasche) ermöglicht die Kopplung zwischen dem magnetischen Moment des Protons und seiner axialen Frequenz, so dass ein Umklappen des Spins sich als Frequenzverschiebung von 10^{-7} bemerkbar macht. Die benötigte magnetische Flasche von 300 mT/mm^2 erschwerte die Speicherung des Protons, da die axiale

Frequenz somit auch sehr sensitiv auf Veränderungen der Quantenzahlen der radialen Moden ist. Die erstmalige Detektion eines geladenen Teilchens in einer magnetischen Flasche dieser Stärke, sowie Messungen zur Stabilität werden präsentiert.

A 6.7 Mon 18:00 BAR 205

Kollineare Laserspektroskopie zur Untersuchung des Halo-Charakters des kurzlebigen Isotops ^{12}Be — ●CH. GEPPERT^{1,2}, A. KRIEGER², R.M. SANCHEZ ALARCON², N. FRÖMMGEN¹, M. HAMMEN¹, J. KRÄMER¹, M.L. BISSELL³, K. BLAUM⁴, M. KOWALSKA⁵, K. KREIM⁴, R. NEUGART¹, W. NÖRTERSCHÄUSER^{1,2}, C. NOVOTNY^{1,2} und D.T. YORDANOV⁵ — ¹Universität Mainz — ²GSI Darmstadt — ³Katholieke Universiteit Leuven — ⁴MPI für Kernphysik Heidelberg — ⁵ISOLDE, CERN

Der Einsatz eines Frequenzkamms hat es vor zwei Jahren erstmals ermöglicht, die Isotope sehr leichter, kurzlebiger Isotope mittels kollinear Laserspektroskopie zu untersuchen. So konnte durch die Messung der Isotopieverschiebungen der Beryllium-Isotope $^{7,9,10,11}\text{Be}$ der Ladungsradius des Halo-Nuklids ^{11}Be mit einem relativen Fehler von $< 1\%$ bestimmt werden. Nun wurde die Untersuchung der Isotopenkette auf das Isotop ^{12}Be ausgeweitet. Voraussetzung für diese Messungen waren Untersuchungen zu systematischen Einflüssen des Photonenrückstoßes und die Reduktion des Streulichtuntergrunds durch Photonen-Ionen Koinzidenzen. Die Untersuchung von ^{12}Be ist insbesondere interessant, da neue Streuexperimente an der GSI in Darmstadt erstmals einen ausgeprägten Halo-Charakter von ^{12}Be zeigen, was im Widerspruch zu früheren Untersuchungen steht. Die Laserspektroskopie liefert hier einen modellunabhängigen Zugang zum Ladungsradius. Eine erste Auswertung der 2010 an ISOLDE gewonnenen Daten der kollinearen Laserspektroskopie werden vorgestellt und liefern eine komplementäre Information zum Halo-Charakter von ^{12}Be .

A 6.8 Mon 18:15 BAR 205

First measurement of the ionization potential of astatine — ●SEBASTIAN ROTHE^{1,2}, ANDREI N. ANDREYEV³, STANO ANTALIC⁴, THOMAS E. COCOLIOS¹, DIMITRY V. FEDOROV⁵, LARS GHYS⁶, MARK HUYSE⁶, YURI KUDRYAVTSEV⁶, JENS LASSEN⁷, BRUCE A. MARSH¹, DIETER PAUWELS⁶, DEYAN RADULOV⁶, SEBASTIAN RAEDER², MAXIM SELIVERSTOV^{5,6}, A. MARICA SJÖDIN¹, PIET VAN DUPPEN⁶, MARTIN VENHART⁸, KLAUS WENDT², and VALENTIN N. FEDOSSEEV¹ — ¹CERN, Geneva, Switzerland — ²Institut für Physik, Uni Mainz, Germany — ³University of the West of Scotland, Paisley, UK — ⁴Comenius University, Bratislava, Slovakia — ⁵PNPI, Gatchina, Russia — ⁶IKS, KU Leuven, Belgium — ⁷TRIUMF, Vancouver, Canada — ⁸Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia

Since the discovery of element 85 in the year 1940 by D. R. Corson et al., the binding energy of the outer electron of astatine had not been determined. At the on-line isotope separator facility ISOLDE at CERN, Geneva radioactive isotopes of At were produced by impinging 1.4 GeV protons on a uranium carbide target, ionized using the Resonance Ionization Laser Ion Source (RILIS) and detected using alpha decay spectroscopy. In-source laser spectroscopy was performed in order to develop a multi-step ionization scheme for an efficient and highly selective At ion production, as requested by ISOLDE users. Two atomic transitions, previously observed by absorption spectroscopy were confirmed and assigned as first steps of the excitation and ionization scheme. A second laser beam was applied to non-resonantly ionize the excited At atoms. A wavelength scan of the ionizing step was performed to search for the ionization limit. From the observed ionization onset the first ionization potential of At was preliminary determined to be 9.3 eV. Results from these studies at CERN and consecutive measurements at TRIUMF, Canada and IKS, Belgium will be presented.