

A 25: Precision Spectroscopy of Atoms and Ions III

Time: Friday 10:30–12:45

Location: F 107

A 25.1 Fr 10:30 F 107

Characterisation of a laser source for spectroscopy of trapped highly charged bismuth ions — ●SEBASTIAN ALBRECHT¹, GERHARD BIRKL¹, and THE SPECTRAP COLLABORATION² — ¹Institut für Angewandte Physik, Technische Universität Darmstadt, Schlossgartenstraße 7, 64289 Darmstadt — ²GSI, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt

Our objective is to investigate the ground state hyperfine splitting of highly charged ions. Unprecedented precision and accuracy will be achieved by applying high resolution laser spectroscopy to ions cooled and stored in a Penning trap. This experiment is carried out within the SPECTRAP collaboration at GSI within the HITRAP facility.

For ²⁰⁹Bi⁸²⁺ ions, transitions between hyperfine ground states can be excited using light at 243.9 nm. This light is produced in a laser-system and two frequency-doubling stages resulting in 15 mW in the UV. A Tellurium-cell was used as reference to measure the scan-range and reproducibility in the range of 487.8 nm. In this presentation we describe schemes for laser stabilization and spectroscopic tests of the lasersystem performance.

A 25.2 Fr 10:45 F 107

Fluoreszenznachweis für die kollineare Laserspektroskopie am TRIGA-Mainz — ●MICHAEL HAMMEN¹, KLAUS EBERHARDT¹, CHRISTOPHER GEPPERT^{1,2}, JÖRG KRÄMER¹, ANDREAS KRIEGER¹, RODOLFO SÁNCHEZ^{1,2}, BASTIAN SIEBER¹, WILFRIED NÖRTERSCHÄUSER^{1,2} und DIE TRIGA-SPEC-KOLLABORATION^{1,2,3} — ¹Johannes Gutenberg-Universität Mainz, D-55099 Mainz — ²GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, D-64291 Darmstadt — ³Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, D-69117

TRIGA-LASER ist ein Aufbau zur kollinearen Laserspektroskopie an radioaktiven Isotopen am Forschungsreaktor TRIGA-Mainz und gleichzeitig ein Prototyp für LASPEC an FAIR. Hierfür wurde ein optischer Fluoreszenznachweis entwickelt, der eine hohe Nachweiseffizienz mit einer guten Streulichtunterdrückung vereint. Zur Vorhersage des Verhaltens wurden Computersimulationen eingesetzt. Durch die Kombination von Metallspiegeln mit einem Blendensystem und speziellen Geometrien aus dem Bereich der nichtabbildenden Optiken gelingt es, eine maximale Konzentration des Lichts zu erreichen - was mit abbildenden Optiken nur schwer zu realisieren ist - und trotzdem das Streulicht selektiv zu absorbieren. Durch den Verzicht auf Lichtleiter und Linsen ist das System überdies für einen großen Wellenlängenbereich verwendbar.

A 25.3 Fr 11:00 F 107

Ein selbstangeregter Oszillator zur Messung der axialen Frequenz eines 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

In einem inhomogenen Magnetfeld ist die axiale Frequenz des Protons von dessen Spin-Zustand abhängig. Die Frequenzverschiebung, die durch eine Änderung der Spinausrichtung hervorgerufen wird, beträgt 200MHz bei einer axialen Frequenz von 700kHz. Ziel ist es, diesen Frequenzunterschied mit Hilfe eines Self-Excited-Oscillators aufzulösen [1]. Bei dieser Methode wird das vom Proton in den Fallenelektroden induzierte Signal auf das Teilchen zurückgekoppelt. Dies erlaubt die Bestimmung der axialen Frequenz bei viel höheren Bewegungsamplituden und damit einhergehend einer drastisch verkürzten Messzeit. Die Schwierigkeit besteht darin, die Bewegungsamplitude des Protons möglichst konstant zu halten, um Frequenzverschiebungen im nicht ganz homogenen Speicherfeld zu vermeiden. Hierzu wurde eine schnelle Regelungstechnik unter Verwendung eines digitalen Signalprozessors aufgebaut. Im Vortrag werden technische Aspekte zur Realisierung und erste Messungen präsentiert.

[1] D'Urso et al., Phys. Rev. Lett. **94**, 113002 (2005).

A 25.4 Fr 11:15 F 107

Application of electronic feedback to a proton stored in a cryogenic Penning trap — ●STEFAN ULMER^{1,2,3}, KLAUS BLAUM^{2,3},

HOLGER KRACKE¹, ANDREAS MOOSER¹, WOLFGANG QUINT⁴, CRICIA RODEGHERI¹, and 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

This experiment aims at the high precision measurement of the g -factor of the proton stored in a cryogenic Penning trap. The comparison of this number to the g -factor of the antiproton will give a stringent test of the CPT symmetry in the baryonic sector. Both quantities will be determined by the measurement of the particles eigenfrequencies in the Penning trap.

The axial frequency is measured with a highly sensitive superconducting detector, including an electronic feedback loop. The measured signal is fed back to the detector. Different aspects of this technique are discussed. Using positive feedback the signal to noise ratio increases. Thus, the axial frequency could be measured within 20 seconds to a relative precision of 10^{-7} . Furthermore with the high signal to noise ratio a novel detection schematic could be applied, which allows for the simultaneous measurement of the three eigenfrequencies of the trapped particle. Using negative feedback in combination with phase sensitive detection of the particle a frequency difference of 200 mHz was resolved in a 2 s measuring cycle. This resolution is sufficient to observe the effect of proton spin quantum jumps in the axial frequency.

A 25.5 Fr 11:30 F 107

Exciting and ionizing trapped highly charged ions with electrons and photons in an EBIT — ●JOSÉ R. CRESPO LÓPEZ-URRUTIA — Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg

Hot cosmic matter, found in, e. g., around black hole accretion disks, in active galactic nuclei, supernova remnants, and in the warm-hot intergalactic medium can be prepared and studied in the laboratory with electron beam ion traps (EBITs). A fundamental interest arises from the fact that, for bound electrons, quantum electrodynamic (QED) as well as relativistic contributions grow steeply with the fourth power of the nuclear charge, and thus from small perturbations to major effects. Denuding atoms from most of their electrons in a controlled way exposes these magnified effects even better, and allows electronic correlation studies along isoelectronic sequences. In EBITs, highly charged ions (HCI) are produced, and their interactions with nearly monoenergetic electrons, with tunable lasers (both in the visible and soft X-ray region), and with keV photon beams from synchrotrons are used to excite and precisely measure electronic resonances. In particular, novel X-ray free-electron lasers (FLASH, LCLS), and synchrotron radiation (BESSY II) allow to go beyond the current accuracy limits. A report on recent results on few-electron QED, photoionization of HCI, dielectronic and trielectronic recombination processes, and laser spectroscopy of forbidden transitions investigated at the Heidelberg EBIT laboratory will be given.

A 25.6 Fr 11:45 F 107

Isotope shifts and hyperfine structure of the Fe I 372 nm resonance line — ●STEFFEN OPPEL¹, STEFANIE KRINS², NICOLAS HUET², JOACHIM VON ZANTHIER¹, and THIERRY BASTIN² — ¹Institut für Optik, Information und Photonik, Universität Erlangen-Nürnberg, Germany — ²Institut de Physique Nucléaire, Atomique et de Spectroscopie, Université de Liège, Belgium

We report measurements of the isotope shifts of the $3d^6 4s^2 a^5 D_4 - 3d^6 4s 4p z^5 F_5^o$ Fe I resonance line at 372 nm between all four stable isotopes ⁵⁴Fe, ⁵⁶Fe, ⁵⁷Fe, and ⁵⁸Fe, as well as the complete hyperfine structure of that line for ⁵⁷Fe, the only stable isotope having a non-zero nuclear spin. The field and specific mass shift coefficients of the transition have been derived from the data, as well as the experimental value for the hyperfine structure magnetic dipole coupling constant A of the excited state of the transition in ⁵⁷Fe: $A(3d^6 4s 4p z^5 F_5^o) = 81.69(86)$ MHz. The measurements were carried out by means of high-resolution Doppler-free laser saturated absorption spectroscopy in a Fe-Ar hollow cathode discharge cell using both natural and enriched iron samples. The measured isotope shifts and hyperfine constants are reported with uncertainties at the percent level [1].

[1] S. Krins, S. Oettel, N. Huet, J. von Zanthier, and T. Bastin, Phys. Rev. A **80**, 062508 (2009)

A 25.7 Fr 12:00 F 107

Nuclear proton distributions explored by relativistic resonance fluorescence — ●OCTAVIAN POSTAVARU^{1,2}, ZOLTÁN HARMAN^{1,2}, and CHRISTOPH H. KEITEL¹ — ¹Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg, Germany — ²ExtreMe Matter Institute EMMI, Planckstrasse 1, 64291 Darmstadt, Germany

Resonance fluorescence of laser-driven atoms is studied in the relativistic regime by solving the time-dependent Dirac equation in a multi-level model. Electron spin and retardation of the electron-photon interaction give rise to phenomena such as splitting of sideband peaks and modification of the Rabi frequencies not explainable in a Schrödinger theory. The approach based on the Dirac equation allows for investigating highly relativistic ions and, consequently, provides a sensitive means to determine parameters of nuclear charge distributions by applying coherent light with x-ray frequencies. Using two driving fields, one may obtain sub-natural linewidths in the emission spectra, increasing the sensitivity of nuclear proton distribution determinations.

A 25.8 Fr 12:15 F 107

A lifetime measurement of the $3p_{3/2}$ state in Mg^+ inferred from the spectral line shape of the D_2 transition — ●SEBASTIAN KNÜNZ, VALENTIN BATTEIGER, MAXIMILIAN HERRMANN, THEODOR W. HÄNSCH, and THOMAS UDEM — MPQ, Garching, Germany

Recently we developed a spectroscopy scheme to obtain nearly perfect line profiles for atomic transitions in the weak binding limit using sympathetically cooled, single ion fluorescence readout. The symmetric, well understood line shape allowed us to extract the absolute frequency with an unprecedented accuracy [1,2]. The line shape is a convolution of a Gaussian due to the ion temperature and a Lorentzian which is

the contribution due to the atomic upper state lifetime. A precision measurement of the Lorentzian contribution demands a more in-depth analysis of the experimental setup and the data evaluation methods. Here we report on numerical studies and estimation of the systematic uncertainty as well as our first measurements of the upper state lifetime of the D_2 transition in Mg^+ using the atomic line shape. [1] M. Herrmann et al., Phys. Rev. Lett. 102, 013006 (2009). [2] V. Batteiger et al., Phys. Rev. A 80, 022503 (2009).

A 25.9 Fr 12:30 F 107

Fortschritte bei der Auffindung bislang unbekannter Energieniveaus des Pr-Atoms — SHAMIM KHAN, TANVEER IQBAL, IMRAN SIDDIQUI, BETTINA GAMPER, GÜNTER H. GUTHÖHRLEIN und ●LAURENTIUS WINDHOLZ — Inst. f. Experimentalphysik, Techn. Univ. Graz, Petersgasse 16, A-8010 Graz

Die Untersuchung der Hyperfeinstruktur nicht klassifizierbarer Pr-Spektrallinien erfolgt mittels Laseranregung und Beobachtung der laserinduzierten Fluoreszenz. Die große Anzahl der sich überlappenden Konfigurationen führt in der Regel zu Anregungs- und Fluoreszenzblends, daher ist eine Klassifizierung des angeregten Übergangs nur über die beobachtete Hyperfeinstruktur möglich. Aus dieser können die Drehimpulse und die Hyperfeinkonstanten A der am Übergang beteiligten Niveaus ermittelt werden. Meist kann das untere Niveau mit Hilfe des A -Faktors identifiziert werden. Die Addition der Anregungswellenzahl zur Wellenzahl des so ermittelten Niveaus liefert die Wellenzahl des unbekanntem oberen Niveaus. Dessen Zerfall muß wiederum die beobachteten Fluoreszenzwellenlängen erklären. Die Existenz des neuen Niveaus wird durch weitere Laseranregungen bestätigt. Auf diese Weise konnten im letzten Jahr wieder mehr als hundert bislang unbekannte Energieniveaus aufgefunden werden.