

A 11: Precision spectroscopy of atoms and ions III

Time: Tuesday 14:00–15:30

Location: BAR 205

A 11.1 Tue 14:00 BAR 205

Toroidale supraleitende Resonatoren hoher Güte zum Nachweis einzelner geladener Protonen — ●ANDREAS MOOSER^{1,2}, KLAUS BLAUM^{3,4}, HOLGER KRACKE^{1,2}, WOLFGANG QUINT⁵, CRICIA RODEGHERI¹, STEFAN ULMER^{1,2,5} und JOCHEN WALZ^{1,2} — ¹Institut für Physik, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, 55099 Mainz — ²Helmholtz-Institut Mainz, 55099 Mainz — ³Max-Planck-Institut für Kernphysik, 69117 Heidelberg — ⁴Ruprecht-Karls-Universität, 69047 Heidelberg — ⁵GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, 64291 Darmstadt

Ziel des Experiments ist die erste direkte Messung des g-Faktors eines einzelnen Protons in einer Penningfalle. Der g-Faktor kann hierbei aus der Zyklotronfrequenz und der Larmorfrequenz bestimmt werden. Zur Messung der Frequenzen werden hochempfindliche Detektoren, die den Nachweis eines einzelnen Protons erlauben, benötigt. Das Signal kann über induzierte Ströme mit Detektoren, bestehend aus Resonatoren hoher Güte und einer nachfolgenden rauscharmen Verstärkerstufe, nachgewiesen werden. Mit einem ersten toroidalen Resonator wurde eine freie Güte von 148000 bei einer Frequenz von 1,6 MHz erreicht. Auf die Verlustmechanismen, welche entscheidend zur Entwicklung der Resonatoren beitragen, wird eingegangen. Zusammen mit der kryogen betriebenen Verstärkerstufe konnte ein Signal/Rausch-Verhältnis von 31 dB erreicht werden.

A 11.2 Tue 14:15 BAR 205

Production of Antihydrogen via Double Charge Exchange — ●ANDREAS MÜLLERS — for the ATRAP collaboration — Johannes Gutenberg Universität Mainz, Institut für Physik 55099 Mainz

The comparison of the $1S - 2S$ transition in hydrogen and antihydrogen will provide an accurate test of CPT-symmetry. Antiprotons and positrons are readily stored and cooled in the same Penning trap, but separated by a potential barrier. Three body recombination, the standard method to produce antihydrogen, requires driving the particles to overcome this barrier, and therefore heating them. Since the typical depths of neutral atom traps are on the order of 0.5 K, confinement of single antihydrogen atoms produced this way has only recently been demonstrated [1]. For precision spectroscopy, a larger number of cold antihydrogen is advantageous. To this purpose, the ATRAP-collaboration is also investigating a different production scheme: Cesium is laser-excited to Rydberg states and collides with positrons, forming positronium atoms in a charge exchange reaction. These are no longer bound by the electric fields of the Penning trap and interact with antiprotons, producing antihydrogen in a second charge exchange. We developed the techniques to laser-excite Cesium atoms to high-n states within the strong magnetic fields of our Penning- and neutral-atom Ioffe-trap. Also, production of positronium atoms is reported and the first trials to trap antihydrogen made by this method were performed.

[1] doi:10.1038/nature09610

A 11.3 Tue 14:30 BAR 205

High resolution atom gyroscope — ●PETER BERG, SVEN ABEND, CHRISTIAN SCHUBERT, MICHAEL GILOWSKI, WOLFGANG ERTMER, and ERNST RASEL — Institut für Quantenoptik, Universität Hannover

Atomic quantum sensors are a key-technology for the ultra-precise monitoring of accelerations and rotations, which make them an ideal tool for applications in fundamental physics and metrology. In the reasearch project CASI (Cold Atom Sagnac Interferometer) an atomic gyroscope based on matter-wave interferometry is realized to measure rotations and accelerations. In order to distinguish between them, the apparatus uses two counterpropagating interferometers in a differential measurement scheme. The atomic ensembles are launched simultaneously in a pulsed mode onto flat parabolas with a forward drift velocity of 2,79 m/s. In three spatially separated interaction zones coherent beam splitting processes are realized by using Raman transitions. In this way, various interferometer configurations enclosing areas of several mm² can be tested. In this talk we discuss the influence of the main noise sources which currently limit the sensitivity of our atomic gyroscope to a few 10⁻⁷ rad/s. In this context, the latest interferometric measurements and future improvements of the sensor based on

the provided analysis will be presented. This work is supported by the DFG, QUEST, and IQS.

A 11.4 Tue 14:45 BAR 205

Einzelnes hoch geladenes Ion in einer Penning-Falle als Probe für eine zeitliche Variation der Feinstrukturkonstanten — ●WOLFGANG QUINT^{1,2}, MANUEL VOGEL¹ und VICTOR FLAMBAUM³ — ¹GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Darmstadt — ²Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg — ³University of New South Wales, Sydney, Australien

Eine mögliche Zeitabhängigkeit der fundamentalen Wechselwirkungen der Physik wurde erstmals von Dirac diskutiert und in einen Zusammenhang mit der Expansion des Universums gestellt. Ein experimenteller Nachweis einer solchen zeitlichen Änderung würde einen wichtigen Beitrag zur Vereinheitlichung der elektroschwachen und starken Wechselwirkungen einerseits und der Einsteinschen Allgemeinen Relativitätstheorie andererseits liefern. Eine umfassende Beschreibung aller physikalischen Wechselwirkungen in einer vereinheitlichten Theorie ist eine der offenen Kernfragen der Physik. Ziel des hier vorgestellten Projekts ist die Bestimmung der Variation fundamentaler Konstanten durch eine Messung der Energie optischer Übergänge in hoch geladenen Ionen unter Einsatz einer neuartigen Spektroskopiemethode [1], bei der einzelnes hoch geladenes Ion in einer Penning-Ionenfalle gespeichert und gekühlt wird. Unser Interesse gilt hoch geladenen Ionen, in denen kürzlich optische Übergänge vorhergesagt wurden, die um bis zu drei Größenordnungen sensitiver auf eine Variation fundamentaler Größen sind als alle bisher betrachteten atomaren Systeme [2]. [1] M. Vogel and W. Quint, Phys. Rep. 490, 1 (2010). [2] J.C. Berengut, V.A. Dzuba und V.V. Flambaum, Phys. Rev. Lett. 105, 120801 (2010).

A 11.5 Tue 15:00 BAR 205

The Size of the Proton from Muonic Hydrogen — ●TOBIAS NEBEL and FOR THE CREMA-COLLABORATION — Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching, Germany.

The charge radius R_p of the proton has so far been known with a precision of about 1% from both electron scattering and precision spectroscopy of hydrogen.

We have recently determined R_p by means of laser spectroscopy of the exotic "muonic hydrogen" atom [1]. Here, the muon, which is the 200 times heavier cousin of the electron, orbits the proton with a 200 times smaller Bohr radius. This enhances the sensitivity to the proton's finite size tremendously.

Our new value $R_p = 0.84184(67)$ fm is ten times more precise than the generally accepted CODATA value, but it differs by 5 standard deviations from it. A lively discussion about possible solutions to the "proton size puzzle" has started.

[1] R. Pohl et al., "The size of the proton", Nature 466, 213 (July 2010)

A 11.6 Tue 15:15 BAR 205

Quantum correlations in the two-photon decay of few-electron ions — ●FILIPPO FRATINI^{1,2}, MALTE TICHY³, THORSTEN JAHRSETZ^{1,2}, ANDREAS BUCHLEITNER³, STEPHAN FRITZSCHE^{2,4}, and ANDREY SURZHYKOV^{1,2} — ¹Physikalisches Institut, Heidelberg University, Heidelberg, Germany — ²GSI, Darmstadt, Germany — ³Physikalisches Institut, Freiburg University, Freiburg, Germany — ⁴Frankfurt Institute for Advanced Studies, Frankfurt, Germany

We present a theoretical study of the entanglement of the photon pair emitted in the decay of metastable states in hydrogen-like and helium-like ions. By using non-relativistic dipole approximation, we are able to derive analytical expressions for the (degree of) entanglement which give intuitive insights on the quantum correlation of the two emitted photons. In addition, by comparing these non-relativistic results with predictions given by the relativistic theory, we investigate relativistic and higher, non-dipole effects on the photons' polarization states. Detailed calculations are shown for the two-photon $2s_{1/2} \rightarrow 1s_{1/2}$ transition in hydrogen-like ions as well as for the $1s_{1/2}2s_{1/2}^1S_0 \rightarrow 1s_{1/2}1s_{1/2}^1S_0$, $1s_{1/2}2s_{1/2}^3S_1 \rightarrow 1s_{1/2}1s_{1/2}^1S_0$ and $1s_{1/2}2p_{1/2}^3P_0 \rightarrow 1s_{1/2}1s_{1/2}^1S_0$ transitions in helium-like ions.