

A 15: Precision spectroscopy I

Zeit: Donnerstag 8:30–10:30

Raum: 3C

Hauptvortrag

A 15.1 Do 8:30 3C

Correlations and Quantum Electrodynamics effects in He-like uranium — ●M. TRASSINELLI^{1,2,3}, A. KUMAR¹, H.F. BEYER¹, C. BRANDAU¹, H. BRÄUNING¹, S. GEYER¹, A. GUMBERIDZE¹, P. INDELICATO⁴, P. JAGODZINSKI⁵, CH. KOZHUHAROV¹, S. HESS¹, R. MÄRTIN¹, R. REUSCHL¹, TH. STÖHLKER^{1,3}, S. TROTSSENKO¹, and G. WEBER^{1,3} — ¹Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt, Germany — ²Institut des Nanosciences de Paris, France — ³Physikalisches Institut, Heidelberg, Germany — ⁴Laboratoire Kastler Brossel, Paris, France — ⁵Akademia Swietokrzyska, Kielce, Poland

Electrons bound to a nucleus with a charge as high as $Z=92$ represent a unique probe of relativistic and Quantum Electrodynamics effects in the domain of strong fields. As compared to a one-electron and many-electron ions, heliumlike ions are the simplest multibody systems where the role electron-electron interaction in extreme conditions can be theoretically treated in a rigorous way. We present the first highly accurate measurement of the intra-shell transition $1s2p\ ^3P_2 \rightarrow 1s2s\ ^3S_1$ of He-like uranium performed via X-ray spectroscopy. The present experiment has been conducted at the gas-jet target of the ESR storage ring in GSI (Darmstadt, Germany) where a Bragg spectrometer, with a bent germanium crystal, was mounted. A high systematic accuracy has been achieved making use of a differential measurement between He- and Li-like ions. With this method, it was possible to measure the $1s2p\ ^3P_2 \rightarrow 1s2s\ ^3S_1$ He-like U transition energy, at 4510 eV, with respect to the $1s^22p\ ^2P_{3/2} \rightarrow 1s^22s\ ^2S_{1/2}$ Li-like U transition energy, at 4460 eV, with an estimated uncertainty of about 0.5 eV.

A 15.2 Do 9:00 3C

Test der Lorentz-Invarianz mit einem $^3\text{He-}^{129}\text{Xe}$ -Komagnetometer — ●CHRISTIAN LUDWIG¹, STEFAN BAESSLER³, MARTIN BURGHOFF², CLAUDIA GEMMEL¹, WERNER HEIL¹, WOLFGANG KILIAN², WOLFGANG MÜLLER², ALLARD SCHNABEL², FRANK SEIFERT², YURI SOBOLEV¹ und LUTZ THRAMS² — ¹Universität Mainz — ²PTB Berlin — ³University of Virginia

Ziel des Experimentes ist es, eine Variation der Präzessionsfrequenz der $^3\text{He-}^{129}\text{Xe}$ -Spins mit der Periode eines Sternentages zu messen, was eine Verletzung der Lorentz-Invarianz bedeuten würde.

In einem schwachen und sehr homogenen Magnetfeld von 400 nT, das in einem magnetisch abgeschirmten Raum an der PTB Berlin aufgebaut ist, wird das Gemisch aus polarisierten Gasen zur Spinpräzession angeregt. Die Präzessionsfrequenz wird mit einem SQUID-System über einen Zeitraum von mehreren Stunden aufgezeichnet, wobei Signal-zu-Rausch Verhältnisse größer 1000:1 erzielt werden. Die gemessenen transversalen T_2 -Spinrelaxationszeiten betragen für ^{129}Xe bis zu 4.5h und für ^3He bis zu 60h. Mit der Differenz der Präzessionsfrequenzen beider Gase, die sich im gleichen Volumen befinden, eliminiert man den Zeeman-Term und ist somit nicht mehr auf Magnetfeldänderungen empfindlich. Dadurch lässt sich eine sehr hohe Empfindlichkeit auf mögliche Lorentz-Invarianz verletzende Effekte erreichen.

In meinem Vortrag sollen die bisherigen Messungen und erste Ergebnisse vorgestellt werden.

A 15.3 Do 9:15 3C

Test der relativistischen Zeitdilatation mit schnellen optischen Uhren — ●SASCHA REINHARDT^{1,3}, GUIDO SAATHOFF^{1,3}, HENRIK BUHR¹, LARS A. CARLSON¹, ANDREAS WOLF¹, DIRK SCHWALM¹, SERGEI KARPUK², CHRISTIAN NOVOTNY², GERHARD HUBER², MARCUS ZIMMERMANN³, RONALD HOLZWARTH³, THOMAS UDEM³, THEODOR W. HÄNSCH³ und GERALD GWINNER⁴ — ¹MPI für Kernphysik, 69029 Heidelberg, Germany — ²Institut für Physik, Universität Mainz, 55099 Mainz, Germany — ³MPI für Quantenoptik, 85478 Garching, Germany — ⁴Dept. of Physics & Astronomy, University of Manitoba, Winnipeg R3T 2N2, Canada

In einem Experiment an schnellen optischen Uhren, die durch Lithium-Ionen realisiert wurden, haben wir den bisher genauesten Test der von der Speziellen Relativitätstheorie vorhergesagten Zeitdilatation durchgeführt.

Die Grundlage des Experiments ist der Testspeicherring am MPI für Kernphysik, der es ermöglicht Lithium Ionen bei 3% oder 6.4% der Lichtgeschwindigkeit zu speichern. An einem geeigneten Übergang dieser gespeicherten Ionen werden mithilfe von Laserspektroskopie für bei-

de Geschwindigkeiten die Übergangsfrequenz durch zwei gegenläufige Laser bestimmt und miteinander verglichen.

Die Ergebnisse sind konsistent mit der Relativitätstheorie und liefern eine neue obere Grenze für eine mögliche Abweichung, die im Rahmen der Robertson-Mansouri-Sextl Testtheorie einen Wert von $|\hat{\alpha}| < 8.4 \times 10^{-8}$ ergibt [1].

[1] S. Reinhardt et al., Nature Physics, doi:10.1038/nphys778

A 15.4 Do 9:30 3C

Erste Doppler-freie Spektroskopie an metastabilen Lithium-Ionen bei 34%c im Experimentier-Speicherring der GSI — ●CHRISTIAN NOVOTNY¹, G. HUBER¹, S. KARPUK¹, W. NÖRTERSCHÄUSER¹, D. BING², S. REINHARDT², D. SCHWALM², A. WOLF², G. GWINNER³, G. EWALD⁴, C. GEPPERT⁴, H.-J. KLUGE⁴, T. KÜHL⁴, T. STÖHLKER⁴, B. BERNHARDT⁵, T. W. HÄNSCH⁵, R. HOLZWARTH⁵, G. SAATHOFF⁵ und T. UDEM⁵ — ¹Johannes Gutenberg Universität Mainz — ²MPI für Kernphysik, Heidelberg — ³University of Manitoba, Winnipeg, Canada — ⁴Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt — ⁵MPI für Quantenoptik, Garching

Am Experimentier-Speicherring (ESR) der GSI konnte die erste Doppler-freie Spektroskopie an metastabilen $^7\text{Li}^+$ -Ionen bei einer Teilchengeschwindigkeit von 34%c realisiert werden. Hierbei wurden dem Ionenstrahl kollinear zwei Laserstrahlen überlagert, die entweder parallel oder antiparallel zueinander ausgerichtet waren. Die beobachtete Resonanz hat eine Breite von etwa 60 MHz und ist damit 8-9 mal schmäler als das Doppler-verbreitete Signal. Diese Messungen sind die Grundlage für eine präzise Bestimmung des Zeitdilatationsfaktors der speziellen Relativitätstheorie (SRT) und der erste Schritt zur Verbesserung des Vorgängerexperimentes vom MPI für Kernphysik. Dort wurde bei Experimenten mit Ionengeschwindigkeiten von 3%c und 6.4%c eine Obergrenze von hypothetischen Abweichungen zur SRT von 8.4×10^{-8} ermittelt [1]. Die Experimente am ESR haben das Potenzial diese Obergrenze um mehr als eine Größenordnung zu verbessern. [1] S. Reinhardt et al. Nat.Phys. (2007) doi:10.1038/nphys778

A 15.5 Do 9:45 3C

Towards a g -factor determination of the bound electron in highly-charged calcium ions — ●BIRGIT SCHABINGER¹, KLAUS BLAUM^{1,2}, WOLFGANG QUINT², SVEN STURM¹, ANKE WAGNER¹, and GÜNTER WERTH¹ — ¹Department of Physics, Johannes Gutenberg-University, 55099 Mainz, Germany — ²GSI Darmstadt, 64291 Darmstadt, Germany

Bound-state quantum electrodynamical (BS-QED) calculations can be tested by high-precision measurements of the magnetic moment of the electron bound in highly-charged ions. In the past, measurements were performed on hydrogen-like carbon and oxygen [1]. The influence of the BS-QED contribution to the g -factor increases with the nuclear charge. In the current experiment [2] we plan to measure the g -factor of calcium $^{40}\text{Ca}^{17+}$ and $^{40}\text{Ca}^{19+}$ ions. The ions are created in-trap by a mini electron-beam ion source [3]. The g -factor measurement of a single calcium ion will be performed in a double Penning-trap setup employing the “continuous Stern-Gerlach-effect”. The aim is to reach a relative uncertainty in the order of 10^{-9} . In the future, we plan to extend our g -factor measurements up to uranium $^{238}\text{U}^{91+}$ at the HI-TRAP facility at GSI Darmstadt. The charge-breeding process and results of in-trap ion creation and detection will be presented.

[1] G. Werth *et al.*, Int. J. Mass Spec. **251**, 152 (2006)

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

[3] B. Schabinger *et al.*, J. Phys. Conf. Ser. **58**, 121 (2007)

A 15.6 Do 10:00 3C

Entwicklungen zur Bestimmung des g -Faktors des Protons — ●CRÍCIA RODEGHERI¹, KLAUS BLAUM^{1,2}, HOLGER KRACKE¹, SUSANNE KREIM¹, WOLFGANG QUINT², STEFAN STAHL³, STEFAN ULMER^{1,4}, JOSÉ VERDÚ⁵ und JOCHEN WALZ¹ — ¹Institut für Physik, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, 55099 Mainz — ²GSI Darmstadt, 64291 Darmstadt — ³Stahl Electronics, 67582 Mettenheim — ⁴Ruprecht-Karls-Universität, 69047 Heidelberg — ⁵Atominstitut der Österreichischen Universität, Stadionallee 2, 1020 Wien, Österreich

Ein Überblick zur Messung des magnetischen Momentes eines einzelnen, isolierten Protons in einer zylindrischen Doppel-Penningfalle, bestehend aus einer Analysefalle und einer Präzisionsfalle, wird gegeben.

Die verwendete Methode soll die erste direkte Messung des g -Faktors an einem einzelnen Proton ermöglichen, wobei eine Messgenauigkeit von 10^{-9} angestrebt wird. Der g -Faktor lässt sich aus zwei experimentell zugänglichen Eigenfrequenzen des Protons gemäß $g = 2\frac{\nu_L}{\nu_c}$ berechnen, wobei ν_c die freie Zyklotronfrequenz bezeichnet, welche über die Eigenfrequenzen in der Präzisionsfalle bestimmt wird. Die Larmorfrequenz ν_L wird mit Hilfe des kontinuierlichen Stern-Gerlach-Effekts in der Analysefalle ermittelt. Der zerstörungsfreie Nachweis der Eigenfrequenzen des Teilchens basiert auf der Messung der durch das Teilchen in den Fallenelektroden induzierten Spiegelströme, die über supraleitende HF-Resonatoren nachgewiesen werden. Das Experiment wird in einer kryogenen Umgebung durchgeführt, woraus eine Erhöhung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses resultiert. Außerdem liefert das vorhandene Kryovakuum extrem lange Speicherdauern.

A 15.7 Do 10:15 3C

Erste Messungen mit der Mainzer g -Faktor Apparatur —
•SUSANNE KREIM¹, KLAUS BLAUM^{1,2}, HOLGER KRACKE¹, WOLFGANG QUINT², CRÍCIA RODEGHERI¹, STEFAN ULMER^{1,3} und JOCHEN WALZ¹
— ¹Institut für Physik, Universität Mainz, 55099 — ²GSI, 64291

Darmstadt, — ³Ruprecht-Karls-Universität, 69047 Heidelberg

Das Experiment zur Bestimmung des g -Faktors eines einzelnen Protons wird in einem zylindrischen Penningfallenturm durchgeführt (s. Beitrag von C. Rodegheri). Der Fallenturm ist in einer in sich geschlossenen kryogenen UHV-Kammer montiert, wobei durch den Kryopumpeffekt Drücke $< 10^{-16}$ mbar und damit lange Speicherzeiten erzielt werden. Aus diesem Grund muss das zu untersuchende Proton innerhalb des Fallenturms erzeugt werden, was über den Beschuss eines Polyethylentargets mit Elektronen im Inneren der Fallenkammer erreicht wird. Eine Elektronenkanone basierend auf Nanodrähten wurde entwickelt, die in hohem Magnetfeld und 4K Umgebung stabil und zuverlässig arbeitet. Die ersten Testmessungen in der Apparatur mit Elektronenkanone und vollständiger Verkabelung der Fallenelektroden werden vorgestellt. Dabei wurden die Funktionstüchtigkeit der Fallenelektroden, der Leitungen sowie das thermische Verhalten von Filterplatinen und Elektronikkomponenten untersucht. Zur Zeit werden die Nachweissysteme zur Bestimmung der Bewegungsmoden in der Penningfalle implementiert, um in Kürze Teilchenwolken bzw. ein einzelnes Proton zerstörungsfrei nachzuweisen.