

A 10: Precision Spectroscopy of Atoms and Ions I

Time: Wednesday 10:30–12:30

Location: F 107

Invited Talk

A 10.1 We 10:30 F 107

The promises and challenges of precision spectroscopy of cold molecules — ●STEVEN HOEKSTRA — KVI, University of Groningen, The Netherlands

In recent years the activity in the field of 'cold molecules' has increased rapidly. Atomic physicists are eager to expand the experiments that have worked so well using cold atoms; chemists are dreaming of studying completely controlled reactions. Together researchers from a variety of backgrounds are developing the required theoretical and experimental tools. In this talk an overview of the promises and challenges of the research on cold molecules is given, with special attention for the possibilities to test fundamental interactions and symmetries using precision spectroscopy of cold molecules.

A 10.2 We 11:00 F 107

Nuclear isotope implications on atomic parity-violation experiments with He-like ions — ●FABRIZIO FERRO^{1,2}, ANTON ARTEMYEV^{1,2}, and ANDREY SURZHYKOV^{1,2} — ¹Physikalisches Institut, Universität Heidelberg — ²GSI, Darmstadt

During the last two decades, atomic parity-violation (PV) studies with few-electron heavy ions have attracted much interest both in experiment and theory. For high-Z, helium-like ions, in particular, a number of experiments were proposed to measure the parity mixing between (almost degenerate) 2^3P_0 and 2^1S_0 states. For example, Schäfer and co-workers [1] have suggested to apply very intense laser beams (of order 10^{21} W/cm²) in order to induce parity-violating 2E1 transition between these two levels. For the practical realization of such an experiment precise information is needed on the $2^3P_0 - 2^1S_0$ energy splitting. In this contribution, we performed a systematic study of the energy spectrum of helium-like ions with nuclear charges in the ranges $54 < Z < 71$ and $88 < Z < 92$, i.e. in the regions where PV effects are expected to be most significant. To this purpose, we adopted a relativistic many-body perturbation theory to all orders and included quantum electrodynamics (QED) corrections. Special attention in our study is paid to the isotope shifts of 2^3P_0 and 2^1S_0 levels. Based on detailed calculations we show, for example, that by choosing appropriate isotopes one may tune the $2^3P_0 - 2^1S_0$ splitting in the working range of very high intensity lasers (e.g. PHELIX at GSI).

[1] A. Schäfer et al., Phys. Rev. A 40 (1989) 7362

A 10.3 We 11:15 F 107

Rydbergserien in Lanthaniden und Aktiniden zur Bestimmung erster Ionisationspotentiale — ●TINA GOTTWALD, AMIN HAKIMI, CHRISTOPH MATTOLAT, SEBASTIAN RAEDER und KLAUS WENDT — Institut für Physik, Universität Mainz, 55128 Mainz

In ihrem äußerst komplexen Spektrum weisen alle Elemente der Gruppe der Lanthaniden und Aktiniden eine Vielzahl verschiedener Zustände in der Umgebung ihres ersten Ionisationspotentiales auf. Neben Rydberg- und autoionisierenden Rydbergzuständen existieren im gleichen Energiebereich zahlreiche Zustände, bei denen die Anregungsenergie auf mehrere Elektronen aufgeteilt ist. Die letzteren Zustände erschweren eine Identifikation kontinuierlicher Rydbergserien signifikant oder machen diese gar unmöglich.

Die Analyse von Rydbergkonvergenzen ist aktuell die genaueste Methode, das erste Ionisationspotential eines Elementes zu bestimmen. Diese fundamentale Größe ist aufgrund der Schwierigkeiten, Rydbergserien bei Lanthaniden und Aktiniden zu identifizieren, bei einigen dieser Elemente bisher nur mit unbefriedigender Genauigkeit bekannt. Experimentelle Studien zu Rydbergserien in Lanthaniden und Aktiniden wurden mit Hilfe mehrstufiger Laserresonanz-Ionisationsspektroskopie durchgeführt. Konzepte zur Trennung der Rydbergzustände von übrigen Zuständen werden vorgestellt und aktuelle Ergebnisse zu Ionisationspotentialen präsentiert.

A 10.4 We 11:30 F 107

Auf dem Weg zur Laserspektroskopie der Hyperfeinstruktur in Li-ähnlichem ²⁰⁹Bi⁸⁰⁺ — ●MATTHIAS LOCHMANN^{1,2}, D. ANIELSKI⁴, C. BRANDAU^{2,5}, D.A. CHURCH⁶, A.J. DAX³, C. GEPPERT¹, V. HANNEN⁴, G. HUBER¹, T. KÜHL², C. NOVOTNY¹, R. SÁNCHEZ^{1,2}, D.H. SCHNEIDER⁷, V.M. SHABAEV⁸, T. STÖHLKER^{2,10}, R.C. THOMPSON⁹, A.V. VOLOTKA^{8,11}, C. WEINHEIMER⁴, D.F.A. WINTERS^{2,10} und W. NÖRTERSCHÄUSER¹ — ¹Universität Mainz —

²GSI, Darmstadt — ³CERN, Genf — ⁴Universität Münster — ⁵TU München, Garching — ⁶Texas A&M University, USA — ⁷LBNL Berkeley — ⁸St. Petersburg State University — ⁹Imperial College, London — ¹⁰Universität Heidelberg — ¹¹TU Dresden

Durch Messung der Hyperfeinstrukturaufspaltung (HFS) in H-ähnlichen schweren Ionen kann die Quantenelektrodynamik (QED) in extremen elektromagnetischen Feldern getestet werden. Bisher ist die räumliche Verteilung des kernmagnetischen Moments und dessen Einfluss auf die HFS (Bohr-Weisskopf-Effekt) mit zu großer Unsicherheit belastet, um QED-Effekte zu separieren. Ein Vergleich der HFS-Aufspaltung von H- und Li-ähnlichen Ionen kann dies jedoch ermöglichen [1]. ²⁰⁹Bi ist für einen QED-Test gut geeignet, da sowohl die H- als auch die Li-ähnlichen Ionen HFS-Übergänge im Laserwellenlängenbereich haben. Mittels kollinear Laser-spektroskopie am Experimentierspeicher ESR der GSI soll die HFS von Li-ähnlichem Bismut deutlich präziser als bisher vermessen werden.

[1] V. M. Shabaev et al., PRL 86, 3959 (2001)

A 10.5 We 11:45 F 107

Spectral properties of unnatural parity states of two-electron atoms — ●SEBASTIAN SCHRÖTER¹, JOHANNES EIGLSPERGER¹, BERNARD PIRAUX², and JAVIER MADROÑERO¹ — ¹Technische Universität München — ²Université catholique de Louvain

In recent years a lot of effort has been invested into the study of the spectral properties of helium states. Most of these studies are devoted to natural parity states (e.g. states that can be accessed through linearly polarized dipole transitions from the ground state). However, there are rather few investigations [1] on unnatural parity states which are in the focus of this contribution. The knowledge of accurate values of such energy levels is important not only in the context of atomic physics but also in various fields like astrophysics (e.g., for the understanding of lines observed in the solar corona) and plasma physics for diagnostics and understanding of high temperature processes. We present a detailed study of the spectral properties of such states in a planar model [2] and in a full three dimensional approach [3] for several angular momenta and for a rather wide energy range which includes bound states (below the second single ionization threshold (SIT)) and resonances up to the eighth SIT.

[1] J. K. Saha and T. K. Mukherjee, Phys. Rev. A 80, 022513 (2009).

[2] J. Eiglsperger and J. Madroñero, Phys. Rev. A 80, 022512 (2009).

[3] J. Eiglsperger, B. Piroux, and J. Madroñero, Phys. Rev. A 80, 022511 (2009).

A 10.6 We 12:00 F 107

Entwurf einer zylindrischen Penningfalle zur Detektion des Spinzustandes eines einzelnen gespeichertem Protons — ●CRICIA RODEGHERI¹, KLAUS BLAUM^{2,3}, HOLGER KRACKE¹, ANDREAS MOOSER¹, WOLFGANG QUINT⁴, 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

Beim Experiment zur direkten, nicht-destruktiven Messung des g -Faktors eines einzelnen gespeichertem Protons wird eine Doppel-Penningfalle zylindrischer Geometrie eingesetzt. Eine Messgenauigkeit von 10^{-9} wird angestrebt. Das elektrostatische Potential der zylindrischen Geometrie weicht vom perfekten Quadrupolpotential ab, was durch Anbringung zusätzlicher Korrektorelektroden kompensiert werden muss. Durch geeignete Wahl der Elektrodengeometrie kann das Potential optimiert werden, so dass simultan eine geringe Energieabhängigkeit der Eigenfrequenzen und Unabhängigkeit der Teilchenfrequenz von der an den Korrektorelektroden angelegten Spannung gewährleistet wird. Beides begünstigt die Präzisionsmessung. Zur Bestimmung des g -Faktors muss die Larmorfrequenz des Protons in der Falle über eine Spinflipresonanz ermittelt werden. Die Detektion des Spinzustandes erfolgt in einer weiteren Penningfalle, in der eine magnetische Inhomogenität durch eine ferromagnetische Ringelektrode eingebracht wird. Das Design der Fallenelektroden basierend den Resultaten von Simulationsrechnungen wird präsentiert.

A 10.7 We 12:15 F 107

Bound electron g -Factor Measurement by Double-Resonance Spectroscopy on a Fine-Structure Transition — •DAVID VON LINDENFELS^{1,2}, NICOLAAS P. M. BRANTJES^{1,2}, WOLFGANG QUINT^{1,2}, and MANUEL VOGEL^{1,3} — ¹GSI Darmstadt, Germany — ²Universität Heidelberg, Germany — ³Imperial College, London, UK

Precise determination of bound-electron g -factors in highly-charged ions (e.g. boron-like argon Ar¹³⁺ and calcium Ca¹⁵⁺) provides a stringent test of bound-state QED in extreme fields. We designed a cryogenic trap assembly with a creation trap and a spectroscopy trap — a half-open compensated cylindrical Penning trap. Argon

ions are produced by electron impact ionization and transferred to the spectroscopy trap. We will excite the fine-structure transition $2^2P_{1/2} - 2^2P_{3/2}$ with laser radiation and probe microwave transitions between Zeeman sub-levels (laser-microwave double-resonance technique). From this the electronic g -factor g_J can be determined on a ppb level. Thus, the experiment allows to test QED predictions with high accuracy. In future, the trap will be connected to the HITRAP beamline at GSI, and the method will be applied to hyperfine-structure transitions of hydrogen-like heavy ions in order to measure electronic and nuclear magnetic moments. The talk presents techniques and the current status of the experiment.