

A 14 Electron Recombination

Zeit: Dienstag 16:30–18:30

Raum: HU 3075

Fachvortrag

A 14.1 Di 16:30 HU 3075

Höchauflösende Messung der dielektronischen Rekombination lithiümähnlicher Kupferionen — ●EIKE W. SCHMIDT¹, STEFAN SCHIPPERS¹, CARSTEN BRANDAU¹, ALFRED MÜLLER¹, SEBASTIAN BÖHM¹, MICHAEL SCHNELL², MICHAEL LESTINSKY², FRANK SPRENGER² und ANDREAS WOLF² — ¹Institut für Atom- und Molekülphysik, Justus-Liebig-Universität Gießen — ²Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg

Die dielektronische Rekombination (DR) lithiümähnlicher Cu^{26+} -Ionen wurde am Heidelberger Schwerionenspeicherring TSR hochauflösend untersucht. Der Ionenstrahl wurde während der Messung ununterbrochen mit einem Elektronenkühler gekühlt. Die experimentellen Elektron-Ion-Stoßenergien lagen im Bereich von 0 bis 90 eV. Damit wurden die Rydbergserien der $1s^2 2p_{1/2} n l$ - und $1s^2 2p_{3/2} n l$ -Resonanzen bis zu den jeweiligen Seriengrenzen aufgenommen. Durch die niedrige longitudinale Elektronentemperatur des Targets entsprechend $kT_{\parallel} = 8 \cdot 10^{-2}$ meV, welche bei hohen Energien die Energieauflösung dominiert, konnten Resonanzen von $n = 11$ bis $n = 34$ aufgelöst werden. Die ermittelten Seriengrenzen sind in guter Übereinstimmung mit plasmaspektroskopischen Daten für die $2p_{1/2} \rightarrow 2s_{1/2}$ und $2p_{3/2} \rightarrow 2s_{1/2}$ Übergangsenergien. Unterhalb von 800 meV findet sich die Gruppe der $1s^2 2p_{1/2} 13l_j$ -Resonanzen. Dank der niedrigen Vertikaltemperatur im Elektronenstrahl, welche in diesem Energiebereich die Auflösung dominiert, konnte die $1s^2 2p_{1/2} 13p_{1/2} (J = 1)$ -Resonanz bei 330 meV isoliert werden. Ihre Resonanzenergie wurde mit einer Genauigkeit besser als 2 meV bestimmt.

Fachvortrag

A 14.2 Di 16:45 HU 3075

Rekombination berylliumähnlicher Magnesiumionen mit freien Elektronen: Ratenkoeffizienten für astrophysikalische Anwendungen — ●S. SCHIPPERS¹, M. SCHNELL², C. BRANDAU¹, S. KIESLICH¹, A. MÜLLER¹ und A. WOLF² — ¹Institut für Atom- und Molekülphysik, Justus-Liebig-Universität, 35392 Gießen — ²Max-Planck-Institut für Kernphysik, 69029 Heidelberg

Am Heidelberger Schwerionenspeicherring TSR wurden Ratenkoeffizienten der radiativen Rekombination (RR) und der dielektronischen Rekombination (DR) berylliumähnlicher Mg^{8+} -Ionen gemessen. Bei Relativenergien zwischen Ionen und Elektronen im Bereich von 0 bis 207 eV wurden DR Resonanzen beobachtet, die auf $2s \rightarrow 2p$ ($\Delta N = 0$) und auf $2s \rightarrow 3l$ ($\Delta N = 1$) Anregungen zurückzuführen sind. Bei sehr kleinen Relativenergien unterhalb von 150 meV wird der Ratenkoeffizient durch die Gruppe der $1s^2 (2s 2p^3 P) 7l$ Resonanzen dominiert. Die stärkste Resonanz dieser Gruppe tritt bei einer Relativenergie von nur 21 meV auf. Eine genaue Bestimmung dieser Resonanzposition ist für die Herleitung eines akkuraten Plasmaratenkoeffizienten, wie er z. B. für die plasmaphysikalische Modellierung photoionisierter Gase in der Umgebung aktiver Galaxienkerne benötigt wird, unerlässlich. Literatur: S. Schippers et al., *Astron. Astrophys.* **421**, 1185 (2004).

Fachvortrag

A 14.3 Di 17:00 HU 3075

Höchauflösende Messungen zur dielektronischen Rekombination mehrfach geladener Ionen bei kleiner Relativenergie — ●M LESTINSKY¹, S BÖHM², C BRANDAU³, D ORLOV¹, S SCHIPPERS², E SCHMIDT², F SPRENGER¹, A MÜLLER² und A WOLF¹ — ¹Max-Planck-Institut für Kernphysik, D-69117 Heidelberg — ²Institut für Atom- und Molekülphysik, Uni Giessen, D-35392 Giessen — ³GSI, D-64291 Darmstadt

Messungen der dielektronischen Rekombination (DR) sind ein empfindliches Werkzeug für Atomstrukturuntersuchungen an mehrfach geladenen Ionen. Präzisionsmessungen bei kleinen Relativenergien, die u.a. im Hinblick auf QED- und Isotopie-Effekte durchgeführt werden, stellen besonders hohe Ansprüche an die Qualität sowohl der Elektronen- als auch der Ionenstrahlen. Im Schwerionenspeicherring TSR in Heidelberg sind dazu zwei Elektronenstrahlapparaturen vorhanden, die dediziert jeweils zur Kühlung des Ionenstrahls und als Target für Elektron-Ion-Stoßexperimente eingesetzt werden. Auf diese Weise wird insbesondere der Ionenstrahl kontinuierlich gekühlt und bei konstanter mittlerer Energie gehalten. Im Elektronentarget wurde im Jahr 2004 die verwendete thermische Kathode durch eine stickstoffgekühlte Photokathode ersetzt, wodurch sich die Anfangstemperatur der emittierten Elektronen von 110 meV auf etwa 10 meV absenkt. Durch adiabatische Expan-

sion und Beschleunigung werden Temperaturen von $kT_{\perp} = 0.5$ meV und $kT_{\parallel} = 20 \mu\text{eV}$ erreicht. Es werden die verwendeten experimentellen Methoden und erste Ergebnisse von DR-Messungen diskutiert.

Fachvortrag

A 14.4 Di 17:15 HU 3075

Plasmaratenkoeffizienten der dielektronischen Rekombination für astrophysikalisch relevante niedrig-Z Ionen — ●SEBASTIAN BÖHM¹, ALFRED MÜLLER¹, STEFAN SCHIPPERS¹, WEI SHI¹, NILS EKLÖW², MICHAEL FOGLE², PETER GLANS², REINHOLD SCHUCH², HÅKAN DANARED³ und NIGEL BADNELL⁴ — ¹Institut für Atom- und Molekülphysik, Justus-Liebig-Universität, 35392 Gießen — ²Stockholm University, SCFAB, Fysikum, 10691 Stockholm, Sweden — ³Manne Siegbahn Laboratory, 10405 Stockholm, Sweden — ⁴Department of Physics and Applied Physics, University of Strathclyde, Glasgow, G4 0NG, United Kingdom

Die dielektronische Rekombination (DR) ist ein wichtiger Prozess, der bei der Bestimmung der Ladungsverteilung in einem Plasma, z. B. astrophysikalischer Natur, berücksichtigt werden muß. Der größte Teil der hierfür verwendeten Ratenkoeffizienten basiert auf theoretischen Rechnungen. Diese können vor allem im Bereich niedriger Temperaturen erheblich von experimentellen Ergebnissen abweichen. Um die Entwicklung der theoretischen Methoden zur Berechnung der DR voranzubringen, sind Experimente zu deren Überprüfung notwendig. Hierzu werden im Überblick experimentelle Ergebnisse zur DR von N^{4+} , O^{5+} und Ne^{7+} vorgestellt, die am Schwerionenspeicherring CRYRING gewonnen wurden. Die experimentellen Energiebereiche enthalten alle zur $2s \rightarrow 2p$ Anregung gehörenden Resonanzen der DR. Der Plasmaratenkoeffizient wurde bestimmt und mit theoretischen Rechnungen verglichen. Zusätzlich wurde der Einfluß elektromagnetischer Felder auf die DR untersucht.

[1] S. Böhm, et al. 2003, *Astron. & Astrophys.*, 405, 1157.**Fachvortrag**

A 14.5 Di 17:30 HU 3075

Elektron-Elektron-Wechselwirkung und Korrelationen bei der dielektronischen Rekombination in wasserstoff- und berylliumartige schwere Ionen — ●ZOLTÁN HARMAN^{1,2}, NORBERT GRÜN¹ und WERNER SCHEID¹ — ¹Institut für Theoretische Physik, Justus-Liebig-Universität Giessen, Heinrich-Buff-Ring 16, 35392 Giessen — ²Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg

In diesem Beitrag werden Rechnungen zum resonanten Prozess der dielektronischen Rekombination (DR) präsentiert. Bei der DR wird ein Kontinuumslektron unter gleichzeitiger Anregung eines gebundenen Elektrons in das Ion eingefangen, und anschließend erfolgt ein radiativer Zerfall des so gebildeten Zustands. Wir untersuchen die Elektron-Elektron-Wechselwirkung zwischen den aktiven Elektronen beim Einfang in hochgeladene schwere Ionen. Zusätzlich zur Coulomb-Wechselwirkung liefert die verallgemeinerte Breit-Wechselwirkung einen nicht vernachlässigbaren Beitrag zu den Einfangsdaten. Hierzu berechnen wir Korrekturen höherer Ordnung zur Elektronenwechselwirkung im Rahmen zweier verschiedener theoretischer Formalismen und präsentieren Ergebnisse für wasserstoffartige schwere Ionen. Außerdem wird der Einfluß von Korrelationseffekten auf den Wirkungsquerschnitt der DR in berylliumartigen Xenon-Ionen analysiert.

Fachvortrag

A 14.6 Di 17:45 HU 3075

Asymmetric resonances in photorecombination of few-electron mercury ions — ●A. J. GONZÁLEZ MARTÍNEZ¹, J. BRAUN¹, G. BRENNER¹, H. BRUHNS¹, J. R. CRESPO LÓPEZ-URRUTIA¹, S. EPP¹, A. LAPIERRE¹, V. MIRONOV¹, C. OSBORNE¹, A. ROHR¹, J. SCOFIELD², G. SIKLER¹, R. SORIA ORTOS¹, H. TAWARA¹, M. TRINCZEK¹, and J. ULLRICH¹ — ¹Max Planck Institut for Nuclear Physics, Heidelberg, Germany — ²Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, USA

Quantum interferences occur when direct and resonant pathways are possible for atomic processes, as it is the case for photoionization. The expected interference results in asymmetric resonance line profiles. The asymmetry of the resonances are characterized with the so-called Fano-factor. We present new experimental observations of such an effect between the time-reversed processes, namely radiative recombination (RR) and dielectronic recombination (DR), in few-electron mercury ions ($\text{Hg}^{+75 \dots +78}$). The present experiment has been carried out in the

Heidelberg-EBIT. Our energy resolution and data-analyzing techniques allow us to isolate DR resonances in single charge states. The observed Fano-factors have been determined with accuracies as low as 4% and, in most cases, are in a good agreement with the predictions of relativistic Multi-Configuration Dirac-Fock calculations.

Fachvortrag

A 14.7 Di 18:00 HU 3075

Performance of photocathode electron sources for high resolution merged beam experiments. — •DMITRY ORLOV¹, FRANK SPRENGER¹, MICHAEL LESTINSKY¹, UDO WEIGEL¹, ALEXANDER TEREKHOV², DIRK SCHWALM¹, and ANDREAS WOLF¹ — ¹Max-Planck-Institut für Kernphysik, 69029 Heidelberg, Germany — ²Institute of Semiconductor Physics, 630090 Novosibirsk, Russia

An ultra cold electron source was developed for the storage ring TSR in Heidelberg to study electron-ion interactions with high energy resolution. The heart of the source is a GaAs photocathode which provides electrons with energy spreads below 10 meV [1]. Photoemitted electrons are extracted in the space charge mode and then undergo adiabatic magnetic expansion and acceleration to obtain an ultra cold electron beam which is overlapped with the stored ion beam in a straight section of the ring [2]. In the first recombination measurements of HD⁺ and H₃⁺ unprecedented low energy resonances were found demonstrating a transverse and longitudinal temperature of the electron beam of about 0.5 meV and 0.02 meV, respectively. We present the performance of the photocathode source under experimental condition, show how to get intense cold electron beams with a GaAs photocathode, and discuss the requirements for merged beam experiments to obtain energy resolution much below one meV.

[1] D.A. Orlov et al, NIM A **532** (2004) 418.

[2] F. Sprenger et al, NIM A **532** (2004) 298.

Fachvortrag

A 14.8 Di 18:15 HU 3075

Theory of excitation of heavy nuclei by electron capture — •ADRIANA PÁLFFY, ZOLTÁN HARMAN, and WERNER SCHEID — Institut für Theoretische Physik, Justus-Liebig-Universität Giessen, Heinrich-Buff-Ring 16, 35392 Giessen

We consider the resonant process of nuclear excitation by electron capture (NEEC), in which an electron from the continuum is captured into a bound state of an ion with the simultaneous excitation of the nucleus. This process is the time-inverse process of the internal conversion. The excited nuclear state can then decay radiatively by the emission of a photon or by internal conversion. The investigation of the NEEC opens the possibility to explore the spectral properties of heavy nuclei through atomic physics experiments. We calculate the transition rate of this process considering heavy nuclei which can be excited by E2 or M1 transitions with energies that make the resonant process possible. We present NEEC cross sections for various collision systems.

Work supported by DFG.