

A 2 Elektronenstreuung und -rekombination

Zeit: Montag 14:00–16:00

Raum: H6

A 2.1 Mo 14:00 H6

Einfach- und Mehrfachionisation von Xenonionen durch Elektronenstoß — ●J. JUNG, P. LÖFFLER, A. TITTE, J. JACOBI, S. SCHIPPERS und A. MÜLLER — Institut für Atom- und Molekülphysik, Justus-Liebig-Universität Gießen

Hochgeladene Xenonionen spielen gegenwärtig eine Rolle bei der Erzeugung von extrem-ultravioletter Strahlung (EUV-Strahlung) in den Plasmalampen der EUV-Belichtungsanlagen, die mit einer Belichtungs-wellenlänge von 13,5 nm arbeiten. Diese sollen ab 2010 in der Mikrochip-herstellung die nächste Generation von Strukturminiaturisierung jenseits der 50 nm Grenze, die sogenannte EUV-Lithographie, realisieren. Wirkungsquerschnitte für Elektronenstoßionisation werden benötigt, um die Emission der Xenon-Plasmen zu optimieren. Messungen wurden bei Elektronenenergien im Bereich der Ionisationsschwellenenergie bis 1000 eV für die Einfachionisation ($q = 4, 5, 6, 8$), die Doppelionisation ($q = 4, 6, 8$) und die Dreifachionisation ($q = 6$) von Xe^{q+} durchgeführt. Dabei kamen besonders bei der Mehrfachionisation die indirekten Prozesse der Elektronenstoßionisation im Wirkungsquerschnitt zum Vorschein. Unter anderem zeigten sich im Energiebereich um 600 eV deutliche 3d-Resonanzen und im Energiebereich um 900 eV 3p-Resonanzen, verursacht durch den dielektrischen Einfang des freien Elektrons und nachfolgende Autoionisation.

A 2.2 Mo 14:15 H6

Doppelionisation von Helium durch niederenergetische Elektronen: Einblick in das Vier-Körper Coulomb-Kontinuum — ●MARTIN DÜRR, SHIPING CAO, ALEXANDER DORN und JOACHIM ULLRICH — Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg

Bei der Doppelionisation von Helium im Stoß mit einem Elektron erhält man im Endzustand vier geladene Teilchen im Kontinuum. Dieses System ist wegen der durch die Coulombwechselwirkung auftretenden starken Korrelation der Elektronen und dem Ion besonders interessant. Bisherige kinematisch vollständige Experimente wurden bei Projektilenergien über 500 eV durchgeführt. Jedoch wird erst bei niedrigen Projektilenergien die Kopplung des Projektils mit dem Heliumatom so stark, dass man ein korreliertes Vier-Körper-System erhält. Mittels der kombinierten Elektronen- und Rückstoßionen-Impulsspektroskopie (Reaktionsmikroskop) wurde die vollständige Fragmentation von Helium durch Elektronen mit 105 eV Energie untersucht, 26 eV oberhalb der Ionisationsschwelle. Durch koinzidente Detektion zweier Elektronen und des zweifach geladenen Ions sind die Impulsvektoren aller Fragmente bekannt, was die Bestimmung absoluter vollständig differentieller Wirkungsquerschnitte erlaubt. Die gemessene Winkelkorrelation der Elektronen wird von der gegenseitigen Abstoßung dominiert, weist aber auch Merkmale einer komplexeren Dynamik auf.

A 2.3 Mo 14:30 H6

Absolute winkeldifferentielle Anregungsquerschnitte für Elektron-Neon Streuung im Energiebereich von 16.6 - 19.2 eV — ●K. FRANZ^{1,2}, M. ALLAN¹, H. HOTOP², O. ZATSARINNY³ und K. BARTSCHAT³ — ¹Dép. de Chimie, Univ. de Fribourg, Fribourg, Suisse — ²Fachbereich Physik, Techn. Univ., 67653 Kaiserslautern, Germany — ³Dept. Physics and Astronomy, Drake Univ., Des Moines, Iowa, USA

Stöße niederenergetischer Elektronen mit Edelgasatomen sind wichtige Elementarprozesse in technischen und natürlichen Plasmen, wie z. B. Gasentladungen (Lampen), allerdings ist deren theoretische Beschreibung – außer für Helium – eine große Herausforderung. Ein Fortschritt gelang in Form der semirelativistischen B-spline R -Matrix Methode (BSRM) mit nicht orthogonalem Orbitalen [1]. Mit Hilfe einer hochauflösenden Elektronenstreuungsapparatur [2] haben wir die Anregung von Neon-Atomen in alle vier Zustände der $Ne(2p^5 3s)$ Konfiguration in der Nähe der Einsatzschwelle ($E = 16.6 - 19.2$ eV) untersucht und die winkeldifferentiellen Anregungsquerschnitte in absoluten Einheiten gemessen. Die experimentellen Ergebnisse stimmen mit den Resultaten neuer BSRM Rechnungen von Zatsarinny und Bartschat sehr gut überein, und zwar sowohl hinsichtlich der Energieabhängigkeit als auch bezüglich der Größe der absoluten Wirkungsquerschnitte.

Diese Arbeit wurde gefördert von der European Science Foundation durch EIPAM, von der Swiss National Science Foundation, von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und von der US National Science Foundation.

[1] O. Zatsarinny and K. Bartschat, J. Phys. B **37** (2004) 2173[2] M. Allan, J. Phys. B **25** (1992) 155

A 2.4 Mo 14:45 H6

Messung der $N_2^-(^2\Sigma_g^+)$ Feshbach-Resonanz mit 5 meV Energieauflösung — ●T. H. HOFFMANN¹, K. FRANZ¹, M. ALLAN², M.-W. RUF¹ und H. HOTOP¹ — ¹Fachbereich Physik, Technische Universität Kaiserslautern, 67653 Kaiserslautern — ²Département de Chimie, Université de Fribourg, 1700 Fribourg, Suisse

Die scharfe $^2\Sigma_g^+$ Feshbach-Resonanz in der elastischen Streuung niederenergetischer Elektronen an N_2 [1] wurde mit einer neuartigen Apparatur [2] bei einer Auflösung von 5 meV untersucht. Die Elektronen werden durch resonante Zweistufen-Photoionisation von Kalium-Atomen mit fokussierten cw-Lasern erzeugt, durch ein schwaches elektrisches Feld extrahiert, auf variable Energie beschleunigt und mit einem dreifach differentiell bepumpten Düsenstrahl unter 90° gekreuzt. Fünf unter festen Winkeln angebrachte Gegenfeldspektrometer weisen elastisch gestreute Elektronen nach. Ein zusätzlicher geeignet positionierter Kanal-Elektronenvervielfacher weist N_2 -Moleküle in langlebigen angeregten Zuständen nach. Durch Messung an einem gemischten Argon/ N_2 -Strahl konnte die Energie der $N_2^-(^2\Sigma_g^+)$ Resonanz zu 11.497 eV kalibriert werden; als Breite der Resonanz wurde in einer vorläufigen Analyse 1.0 meV erhalten.

Diese Arbeit wurde unterstützt durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft und den Forschungsschwerpunkt *OTLAP*

[1] J. Comer, F. H. Read, J. Phys. B **4** (1971) 1055[2] A. Gopalan et al., Eur. Phys. J. D **22** (2003) 17

A 2.5 Mo 15:00 H6

Multipole mixing and correlation effects on the radiative electron capture by highly-charged, few-electron ions — ●ANDREY SURZHYKOV¹, ULRICH D. JENTSCHURA¹, THOMAS STÖHLKER², and STEPHAN FRITZSCHE³ — ¹Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg, Germany — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI), Darmstadt, Germany — ³Universität Kassel, Kassel, Germany

During the last two decades, the radiative capture of free or quasi-free electrons (REC) into the bound states of high- Z ions has been intensively studied at the GSI storage ring ESR in Darmstadt. While, however, most experiments in the past have dealt with the *bare* projectiles, more recent interest is focused also on the electron capture into *few-electron* ions. For the latter, interelectronic interaction effects should be taken into account. Recently, for example, REC into the L -shell of (initially) hydrogen-like uranium ions U^{91+} and their subsequent $K\alpha$ radiative decay have been observed [1]. The angular distribution was found to contradict expectations from a one-particle models. — Consequently, in this contribution, we present a density matrix formalism for the description of radiative electron capture into excited states of heavy, few-electron ions and their subsequent decay, including many-electron effects and higher-order multipoles of the radiation field. *A priori*, this formalism neither depends on the number of electrons nor on the shell structure of the ions, but due to the experimental interest, strong emphasis will be laid on detailed calculations for the L - and M -REC of (initially) hydrogen-like and lithium-like uranium ions for a wide range of projectile energies.

[1] A. Gumberidze et al., Hyperfine Interactions **146/147**, 133 (2003).

A 2.6 Mo 15:15 H6

Plasmaratenkoeffizient der Photorekombination von Eisen XIV — ●E. W. SCHMIDT¹, S. SCHIPPERS¹, C. BRANDAU¹, A. MÜLLER¹, M. LESTINSKY², F. SPRENGER², A. WOLF², D. LUKIĆ³, M. SCHNELL³ und D. W. SAVIN³ — ¹Institut für Atom- und Molekülphysik, Justus-Liebig-Universität Gießen — ²Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg — ³Astrophysics Laboratory, Columbia University, New York

Die dielektronische Rekombination (DR) ist ein Prozess, dessen Plasmaratenkoeffizient benötigt wird bei der Modellierung photoionisierter Gase, wie sie z.B. in der Umgebung aktiver Galaxienkerne vorkommen. Für die Gruppe der Eisenionen mit offener M-Schale stammen die meisten verwendeten Plasmaratenkoeffizienten von theoretischen Rechnungen, die DR bei kleinen Energien vernachlässigt oder zu ungenau behandelt haben. Wir haben die Photorekombination des M-Schalen Ions Fe XIV am Heidelberger Schwerionenspeicherring TSR bei Relativenergien zwischen Ionen und Elektronen im Bereich 0–260 eV gemessen. In diesem

Energiebereich treten DR Resonanzen vom Typ $1s^2 2s^2 2p^6 3l 3l' 3l'' n l'''$ und $1s^2 2s^2 2p^6 3l 3l' 4l'' n l'''$ auf. Auffällig an dem gemessenen Ratenkoeffizienten sind extrem starke Resonanzen unterhalb von ≈ 2.5 eV, welche höchstwahrscheinlich zur $3p_{1/2} \rightarrow 3p_{3/2}$ Anregung gehören. Aus unserer Messung wurde ein Plasmaratenkoeffizient abgeleitet. In dem Temperaturbereich, in dem Fe XIV in photoionisierten Plasmen existiert, übertrifft der experimentell bestimmte Ratenkoeffizient theoretische Resultate um Größenordnungen. Dieser Umstand legt nahe, dass gegenwärtige astrophysikalische Modellrechnungen aktiver Galaxienkerne überarbeitet werden müssen.

A 2.7 Mo 15:30 H6

Correlated relativistic electron dynamics in recombination processes — •ZOLTÁN HARMAN, ULRICH JENTSCHURA, and CHRISTOPH KEITEL — Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, D-69117 Heidelberg

It is well known that in the case of heavy ions, relativistic contributions to the structural properties of many-electron systems play an important role. The study of recombination processes into few-electron systems offers the possibility to explore such effects in a more dynamical setting. We study the resonant recombination mechanism of dielectronic recombination where electron interaction plays a crucial role. A bound electron is excited resonantly by the interaction with a continuum electron, forming an autoionizing state. This step is followed by subsequent radiative relaxation until the ground state of the recombined ion is reached. The effect of electron correlation and configuration mixing on the cross section and the angular distribution of the emitted radiation is investigated. The results are compared with experimental data in the case of KLL dielectronic recombination into He-, Li-, Be- and B-like Hg ions.

A 2.8 Mo 15:45 H6

Candidate isotopes for experimental observation of nuclear excitation by electron capture — •ADRIANA PÁLFFY¹, ZOLTÁN HARMAN², and WERNER SCHEID¹ — ¹Institut für Theoretische Physik, Justus-Liebig-Universität, Giessen — ²Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg

We investigate the resonant process of nuclear excitation by electron capture (NEEC), in which a continuum electron is captured into a bound state of an ion with the simultaneous excitation of the nucleus. Transition rates and total cross sections for this process, followed by the radiative decay of the nucleus, are calculated for various heavy ion collision systems. NEEC is expected to allow the determination of nuclear transition energies, the study of atomic vacancy effects on nuclear lifetime and population mechanisms of excited nuclear levels. Candidate isotopes and transitions suitable for experimental observation of NEEC are presented. If the initial and final states for NEEC are the same as the ones for the process of radiative recombination, quantum interference may occur between these two channels. Due to the large cross section of radiative recombination, the inclusion of interference terms in the calculation is expected to deliver easier measurable cross sections.

This work is supported by DFG.