

## A 2: Precision spectroscopy I

Zeit: Montag 10:30–12:30

Raum: 6G

**Hauptvortrag**

A 2.1 Mo 10:30 6G

**High-precision atomic physics experiments with stored and cooled ions in Penning traps** — ●KLAUS BLAUM — Gesellschaft für Schwerionenforschung GSI Darmstadt, 64291 Darmstadt, Germany — Johannes Gutenberg-Universität Mainz, 55099 Mainz, Germany

Accumulation, storing and cooling techniques for ions play an increasingly important role in many areas of science. In this respect, Penning traps have been recast as ideal tools for high-precision experiments, especially if the measurement is based on a frequency determination. Therefore, one can benefit from the existing relation between a frequency and the interesting properties, like the mass and the  $g$ -factor, of the particle to which it is related.

The presentation will concentrate on recent applications of Penning traps in the field of atomic physics at GSI Darmstadt and the University of Mainz. These are high-accuracy mass measurements,  $g$ -factor determinations of the bound-electron in highly-charged, hydrogen-like and lithium-like ions and  $g$ -factor measurements of the proton and, later, the antiproton. These experiments are dedicated *e.g.* to astrophysics studies in the case of mass measurements on radionuclides and to the determination of fundamental constants and a test of the CPT theorem in the case of  $g$ -factor measurements [1]. An overview of the three mentioned experiments and recent results will be presented.

[1] K. Blaum, Phys. Rep. 425, 1-78 (2006)

A 2.2 Mo 11:00 6G

**Präzisionsspektroskopie an schnellen metastabilen Ionen für den Test der speziellen Relativitätstheorie** — ●C. NOVOTNY<sup>1</sup>, G. HUBER<sup>1</sup>, S. KARPUK<sup>1</sup>, W. NÖRTERSCHÄUSER<sup>1</sup>, S. REINHARDT<sup>2</sup>, G. SAATHOFF<sup>2</sup>, D. SCHWALM<sup>2</sup>, A. WOLF<sup>2</sup>, G. GWINNER<sup>3</sup>, C. GEPPERT<sup>4</sup>, H.-J. KLUGE<sup>4</sup>, T. KÜHL<sup>4</sup>, M. STECK<sup>4</sup>, T. STÖHLKER<sup>4</sup>, B. BERNHARDT<sup>5</sup>, T. W. HÄNSCH<sup>5</sup>, R. HOLZWARTH<sup>5</sup> und T. UDEM<sup>5</sup> — <sup>1</sup>Johannes Gutenberg-Universität Mainz — <sup>2</sup>MPI für Kernphysik, Heidelberg — <sup>3</sup>University of Manitoba, Winnipeg, Canada — <sup>4</sup>GSI, Darmstadt — <sup>5</sup>MPI für Quantenoptik, Garching

In spektroskopischen Untersuchungen an metastabilen  ${}^7\text{Li}^+$ -Ionen am Experimentier-Speicherring (ESR) der GSI konnte das Potential für einen Test des Zeitdilatationsfaktors der speziellen Relativitätstheorie aufgezeigt werden. Hierbei wurden Lithiumionen bei einer Geschwindigkeit von 34% der Lichtgeschwindigkeit mit sehr guter Strahlqualität gespeichert und es konnte gezeigt werden, dass sich der Anteil der Metastabilen im Speicherring auf 0.1% der Gesamtionenzahl beläuft [1].

Für eine Verbesserung der Signalqualität soll im nächsten Schritt die Empfindlichkeit der Signaldetektion mittels Modifikation der Spektroskopie im Speicherring erhöht sowie eine verbesserte Kontrolle der Produktion der metastabilen Ionen in der Ionenquelle erreicht werden. In diesem Experiment soll die Präzision gegenüber dem Vorgängereperiment am Testspeicherring des MPI für Kernphysik [2] um mehr als eine Größenordnung gesteigert werden.

[1] S. Karpuk et al., Book of Abstracts of PSAS 2006, Venice, p. 60

[2] G. Saathoff et al., Phys. Rev. Lett. 91, 190403 (2003)

A 2.3 Mo 11:15 6G

**Sub-Doppler cooling of magnesium by a coherent two-photon excitation** — ●KARSTEN MOLDENHAUER, MATTHIAS RIEDMANN, TANJA E. MEHLSTÄUBLER, JAN FRIEBE, NILS REHBEIN, ANDRÉ PAPE, ALEXANDER VOSKREBENZEV, ERNST M. RASEL, and WOLFGANG ERTMER — Institut für Quantenoptik, Leibniz Universität Hannover, Deutschland

Magnesium belongs to the few elements suitable for an optical frequency standard with neutral atoms. It displays very attractive features such as a low black body radiation shift, long-lived states or the existence of magic wavelength, required for an optical lattice clock. The current stability of  $8 \times 10^{-14}$  in 1 s and spectroscopic resolution of 290 Hz is limited by the achievable temperatures of about 4 mK in a magneto-optical trap (MOT) based on the fast  ${}^1S_0 \rightarrow {}^1P_1$  transition.

Standard Sub-Doppler cooling techniques are not applicable to Magnesium due to the absence of a magnetic sub-structure of the ground state. To surpass the Doppler-limit, we utilize a two-photon transition  ${}^1P_0 \rightarrow {}^1D_2$  to coherently manipulate the population in  ${}^1P_1$ . This novel cooling mechanism, similar to electro-magnetically induced transparency, strongly enhances the cooling force.

Experimental results are in good agreement with our theoretical

model and show temperature reductions by a factor of 10 in a 1D optical molasses and a factor of 4 in a MOT. Additional cooling times of 1 ms and atom losses below 40 % make this scheme particularly attractive to improve the short-term stability of optical frequency standards and the loading conditions into optical dipole traps for lattice clocks.

A 2.4 Mo 11:30 6G

**Eine Paulfalle für die Präzessions-Laserspektroskopie an radioaktiven Berylliumionen** — ●DIRK TIEDEMANN<sup>1</sup>, CHRISTOPHER GEPPERT<sup>2</sup>, JÜRGEN KLUGE<sup>2</sup>, MATTHIAS NOTHHELFER<sup>1</sup>, FERDINAND SCHMIDT-KALER<sup>3</sup>, MONIKA ZAKOVA<sup>1</sup>, CLAUD ZIMMERMANN<sup>4</sup> und WILFRIED NÖRTERSCHÄUSER<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Kernchemie, Mainz, Deutschland — <sup>2</sup>GSI, Darmstadt, Deutschland — <sup>3</sup>Abteilung für Quanten Informationsverarbeitung, Ulm, Deutschland — <sup>4</sup>Institut für Physik, Tübingen, Deutschland

Die Bestimmung der Kernladungsradien der leichtesten Elemente wie He, Li und Be ist für die Kernphysik von großem Interesse und stellt höchste Anforderungen an Experiment und Theorie. Um aus Messungen der Isotopieverschiebung Kernladungsradien zu extrahieren, muss der Masseneffekt mit einer relativen Genauigkeit von  $10^{-5}$  berechnet und die Isotopieverschiebung mit einer Genauigkeit von 200 kHz bestimmt werden. Um die Isotopieverschiebung des  $2s_{1/2} \rightarrow 2p_{1/2}$  Übergangs an Berylliumionen zu messen werden die Ionen nach ihrer Erzeugung in eine segmentierte Paulfalle transferiert, um dort effizient gesammelt, gekühlt und spektroskopiert zu werden. Das Design der Falle ermöglicht die Anwendung und Kombination verschiedenster Kühlverfahren, großen Spielraum in der Gestaltung der Fallenpotentiale, sowie einen guten optischen Zugang für die Spektroskopie.

A 2.5 Mo 11:45 6G

**Spectroscopy of Radium** — ●ARAN MOL, SUBHADEEP DE, UMAKANTH DAMMALAPATI, KLAUS JUNGMANN, and LORENZ WILLMANN — Kernfysisch Versneller Instituut, Rijksuniversiteit Groningen, 9747 AA Groningen, Niederlande

Radium has been identified as a potential candidate for experimental searches for violations of fundamental symmetries like parity (P), time reversal (T) and charge conjugation. In particular it shows a high sensitivity to T and P violating permanent electric dipole moments and also to atomic parity violation effects. This sensitivity arises from the unique atomic level scheme of radium. In the course of the setup of such experiments we need to improve the experimental data on radium.

Within the TRIμP (Trapped Radioactive Isotopes: micro laboratories for fundamental Physics) facility at KVI, we are setting up an radioactive atomic beam of  ${}^{225}\text{Ra}$  and the laser system for performing the spectroscopy. This is guided closely by the requirements for experimental searches for symmetry violating effect.

A 2.6 Mo 12:00 6G

**Hoch aufgelöste Fourier-Transformations-Spektren von Praseodym** — ●BETTINA GAMPER<sup>1</sup>, OLIVIER ALLARD<sup>1</sup>, HORST KNÖCKEL<sup>2</sup>, EBERHARD TIEMANN<sup>2</sup>, GÜNTER GUTHÖHRLEIN<sup>3</sup> und LAURENTIUS WINDHOLZ<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Experimentalphysik, Techn. Univ. Graz, Petersgasse 16, A-8010 Graz — <sup>2</sup>Institut für Quantenoptik, Univ. Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover — <sup>3</sup>Fachbereich Elektrotechnik, Helmut Schmidt - Univ. der Bw Hamburg, Holstenhofweg 85, 22043 Hamburg

Die bislang vollständigste Analyse [1] des komplexen Praseodym-Spektrums basiert auf der Auswertung von Fourier-Spektren, die nicht zugänglich sind. Eine große Zahl weiterer Energieniveaus wurde durch laserspektroskopische Untersuchungen gefunden [2,3,4]. Um einerseits verbesserte Anregungswellenlängen für laserspektroskopische Untersuchungen zu bekommen und andererseits noch nicht klassifizierte Linien aufgrund ihrer charakteristischen Hyperfeinstruktur zu klassifizieren, wurden im Spektralbereich 1100 nm - 280 nm neue hoch aufgelöste Fourier-Spektren aufgenommen. Anschließende laserspektroskopische Untersuchungen im Bereich um 577,2 nm erlaubten die Aufklärung eines Dreifach-Blends. Eine weitere untersuchte Linie, die sich im Spektrum als einzelne Linie darstellt, erwies sich ebenfalls als Dreifach-Blend.

[1] A.Ginibre-Emery, Thèse, Université de Paris-Sud, (1988) [2] D.Bakkali, Diss., Universität der Bw Hamburg, (2006) [3] B.Furmann, D.Stefanska, E.Stachowska, J.Ruczkowski, J.Dembczynski, Eur. Phys.

J. D 17, 275-284 (2001) [4] Z.Uddin, Diss., TU Graz, (2006)

A 2.7 Mo 12:15 6G

**Relativistic Nuclear Recoil, Electron Correlation and Quantum Electrodynamical Effects in Be- and B-like Argon Ions** —

•Z. HARMAN<sup>1</sup>, R. SORIA ORTS<sup>1</sup>, A. LAPIERRE<sup>1</sup>, J. R. CRESPO LÓPEZ-URRUTIA<sup>1</sup>, U. D. JENTSCHURA<sup>1</sup>, A. N. ARTEMYEV<sup>1,2</sup>, C. H. KEITEL<sup>1</sup>, V. M. SHABAEV<sup>2</sup>, H. TAWARA<sup>1</sup>, I. I. TUPITSYN<sup>1,2</sup>, J. ULLRICH<sup>1</sup>, and A. V. VOLOTKA<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg — <sup>2</sup>St. Petersburg State University, Oulianovskaya 1, 198504 St. Petersburg, Russia

The isotope shift [1] and the radiative decay rate [2] of the  $1s^2 2s^2 2p^2 P_{3/2} - 2P_{1/2}$  M1 transition and the  $g$  factor of these levels [3] in

$\text{Ar}^{13+}$  ions has been determined with high accuracy using the Heidelberg electron beam ion trap. Our isotope shift calculations are in excellent agreement with the experimental results and confirm that it is indispensable to include relativistic recoil corrections when predicting mass shift contributions in medium- $Z$  ions. The lifetime corresponding to the above transition has been measured with an accuracy on the order of one per mil. Theoretical calculations predict a lifetime that is in significant disagreement with this high-precision experimental value. The  $g$  factor of the  $P$  states is determined with a 1.5 per mil accuracy by resolving the Zeeman components of the transition, in accordance with our theoretical results.

[1] R. Soria Orts *et al.*, Phys. Rev. Lett. 97, 103002 (2006).

[2] A. Lapierre *et al.*, Phys. Rev. Lett. 95, 183001 (2005).

[3] R. Soria Orts *et al.*, to be published