

A 4 Precision Spectroscopy of Atoms and Molecules II

Zeit: Freitag 16:30–19:00

Raum: HU 3075

Hauptvortrag

A 4.1 Fr 16:30 HU 3075

³He magnetometer for neutron EDM experiments — ●STEFAN BAESSLER¹, WERNER HEIL¹, VINZENZ KIRSTE¹, YURY SOBOLEV¹, VLADIMIR LOBASHEV², WOLFGANG KILIAN³, HERBERT RINNEBERG³ und FRANK SEIFERT³ — ¹Institut für Physik, Universität Mainz — ²Institute of Nuclear Research, Troitsk — ³Physikalisch-Technische Bundesanstalt Berlin

We report on a ³He-magnetometer that is capable of detecting tiny magnetic field fluctuations and gradients on a femtotesla level in an experiment which measures the electric dipole moment (EDM) of the neutron. The precession frequency of ³He atoms is detected in two different ways: One is based on the Ramsey technique of separated oscillating fields, and here the spin polarization of the ³He atoms is detected optically at the end of the Ramsey cycle. The second approach is to detect the spin precession signal directly with a SQUID. The ³He gas is polarized by means of optical pumping and stored in two flat cylindrical vessels of V ~ 4 liter in a sandwich type arrangement around a twin-chamber type storage bottle for ultra-cold neutrons.

In order to have a high accuracy of the SQUID detection of the spin precession a long transverse relaxation time T₂ of the ³He spins and a high signal to noise ratio (SNR) of the SQUID is needed. We obtained T₂ ~ 1 h and SNR ~ 3000 Hz^{-1/2} which allows us to reach an accuracy in the magnetic field measurement of 3 fT per neutron storage cycle of 150 seconds. This accuracy is sufficient for a planned EDM experiment.

Fachvortrag

A 4.2 Fr 17:00 HU 3075

Extending g-factor measurements to heavy highly-charged ions

— ●JOSEBA ALONSO^{1,2}, THOMAS BEIER¹, SLOBODAN DJEKIC¹, FERNANDO GALVE¹, HANS-JÜRGEN KLUGE², WOLFGANG QUINT², STEFAN STAHL¹, TRISTAN VALENZUELA¹, JOSÉ VERDÚ¹, MANUEL VOGEL¹, and GÜNTHER WERTH¹ — ¹Institut für Physik, Universität Mainz, 55099 Mainz — ²GSI, 64291 Darmstadt

Measurements of the anomalous magnetic moment of the electron bound in hydrogen*like ions with spinless nuclei have proven to be highly sensitive tests of corresponding calculations based on bound-*state quantum electrodynamics (BS-QED). Measurements performed on ¹²C⁵⁺ [1] and ¹⁶O⁷⁺ [2] together with bound-*state QED calculations on the same level of accuracy have achieved sensitivities around 0.25% of the calculated bound-state contributions to the g-*factors of these ions. Currently, a similar experiment on hydrogen*like calcium ⁴⁰Ca¹⁹⁺, lithiumlike calcium ⁴⁰Ca¹⁷⁺ and other systems is prepared [3], which is in principle capable of increasing the sensitivity of this bound-state QED test by more than one order of magnitude. To that end, several novel experimental techniques have been developed. A motivation as well as experimental requirements and techniques for such a measurement are presented and the possible benefits will be discussed.

[1] H. Häffner, et al., Phys. Rev. Lett. 85, 5308-5311 (2000)

[2] J. Verdú, et al., Phys. Rev. Lett. 92, 093002 (2004)

[3] M. Vogel, et al., submitted to Nucl. Inst. Meth. B (HCI-2004 proceedings)

Fachvortrag

A 4.3 Fr 17:15 HU 3075

Präzisionsspektroskopie kurzlebiger Lithiumisotope – der Ladungsradius des Halokerns ¹¹Li — ●RODOLFO SÁNCHEZ¹,

DANIEL ALBERS², JOHN BEHR², PIERRE BRICAULT², BRUCE BUSHAW³, ANDREAS DAX⁴, JENS DILLING², MARIK DOMBSKY², GORDON DRAKE⁵, GUIDO EWALD¹, STEFAN GÖTTE¹, REINHARD KIRCHNER¹, THOMAS KÜHL¹, JENS LASSEN², PHIL LEVI², WILFRIED NÖRTERS-HÄUSER^{1,6}, MATTHEW PEARSON², ERIKA PRIME², VLADIMIR RYJKOV², AGNIESZKA WOJTASZEK¹, H.-JÜRGEN KLUGE¹, ZONG-CHAO YAN⁷ und CLAUD ZIMMERMANN⁶ — ¹GSI Darmstadt — ²TRIUMF, Vancouver, Kanada — ³PNNL, Richland, USA — ⁴PSI, Villigen, Schweiz — ⁵Univ. Windsor, Kanada — ⁶Univ. Tübingen — ⁷Univ. New Brunswick, Kanada

Mittels hochauflösender Resonanzionisationsspektroskopie wurde die Isotopverschiebung im ²S_{1/2} → ³S_{1/2}-Zweiphotonen-Übergang aller Lithiumisotope bestimmt. Die Änderung des mittleren quadratischen Ladungsradius $\delta\langle r_c^2 \rangle$ lässt sich durch den Vergleich mit atomphysikalischen Präzisionsberechnungen bestimmen. Die Differenz zwischen berechnetem Wert und der Messung entspricht dem Feldeffekt, der proportional zu

$\delta\langle r_c^2 \rangle$ ist. Die Messungen wurden am TRIUMF in Vancouver durchgeführt. Am dortigen ISAC-Online-Massenseparator ist es möglich das kurzlebige ¹¹Li-Isotop mit einer Rate von ~ 50000 s⁻¹ herzustellen. Die im Weiteren thermalisierten Atome werden spektroskopiert, in einem effizienten Anregungsschema ionisiert und nachgewiesen. Die Ergebnisse liefern den Verlauf der Ladungsradien der Lithium-Isotopenkette in Vergleich zum verwendeten Referenzisotop ⁶Li.

Fachvortrag

A 4.4 Fr 17:30 HU 3075

HITRAP@GSI - nacktes Uran in Ruhe — ●FRANK HERFURTH, THOMAS BEIER, CHRISTOPHOR KOZUHAROV und WOLFGANG QUINT für die HITRAP-Kollaboration — GSI, Planckstr. 1, 64291 Darmstadt

HITRAP ist die geplante Abbrems- und Ionenfallenanlage zur Produktion intensiver, kalter Strahlen von hochgeladenen Ionen bei niedrigen Energien. An der GSI werden hochgeladene, schwere Ionen bis zum Uran 92⁺ bei 400 MeV/u erzeugt, mit ESR (NESR) auf 4 MeV/u abgebremst und in die neukonzipierten IH- und RFQ-Strukturen eingeschossen, wo sie weiter bis ca. 6 keV/u abgebremst werden. Danach werden die Ionen mit Hilfe einer Penningfalle auf nahezu 4 K gekühlt. Bis zu 10⁹ Ionen pro 10 Sekunden können darauf monoenergetisch in einem kurzen Puls oder verteilt über 10s für Experimente zur Verfügung gestellt werden. Die Experimente mit solchen hochgeladenen, ultrakalten Ionenstrahlen reichen von neuartigen Studien zur Wechselwirkung von Ionen mit Oberflächen über Stossexperimente mit vollständiger kinematischer Analyse bis hin zur Präzisionsspektroskopie an einzelnen hochgeladenen Ionen. 2005 ist der geplante Baubeginn der HITRAP Anlage. Erste Experimente mit hochgeladenen, abgebremsten und gekühlten Ionenstrahlen sollen im Jahr 2007 stattfinden. Dieser Beitrag stellt den Status sowie Konzepte für die Penningfalle zur Kühlung der hochgeladenen Ionen vor. HITRAP wird gefördert von der EU unter HPRI-CT-2001-50036.

Fachvortrag

A 4.5 Fr 17:45 HU 3075

Präzise Messung des relativistischen Doppler-Effekts an schnellen Ionen — ●SASCHA REINHARDT¹, G. HUBER², S. KARPUK², C. NOVOTNY², G. SAATHOFF¹, H. BUHR¹, L. A. CARLSON¹, M. HAAS¹,

U. D. JENTSCHURA¹, R. HOLZWARTH³, TH. UDEM³, M. ZIMMERMANN³, T. W. HÄNSCH³, C. H. KEITEL¹, D. SCHWALM¹, A. WOLF¹ und G. GWINNER⁴ — ¹MPI für Kernphysik, Heidelberg — ²Institut für Physik, Universität Mainz, Mainz — ³MPI für Quantenoptik, Garching — ⁴University of Manitoba, Winnipeg, Canada

Am Testspeicherring (TSR) in Heidelberg werden mittels kollinearer Sättigungsspektroskopie Frequenzmessungen an einem Übergang in ⁷Li⁺-Ionen durchgeführt, die eine Geschwindigkeit 6,4% bzw. 3% der Lichtgeschwindigkeit haben. Der Vergleich der in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung gemessenen Übergangsfrequenz bei den verschiedenen Ionengeschwindigkeiten erlaubt einen präzisen Test des relativistischen Doppler-Effekts und insbesondere der Zeitdilatation[1].

Bei der Spektroskopie schneller Teilchen sind verschiedene Fehlerquellen zu berücksichtigen, die mit der Teilchengeschwindigkeit zusammenhängen. Eine genaue Untersuchung dieser Fehler und ihrer Geschwindigkeitsabhängigkeit, die relevant sind für die gegenwärtigen Messungen am TSR sowie für geplante Messungen an der GSI bei ca. 33% Lichtgeschwindigkeit, wird präsentiert.

I. G. Saathoff et al., Phys. Rev. Lett. 91,190403 (2003)

Fachvortrag

A 4.6 Fr 18:00 HU 3075

Integrated absorption measurements higher accuracy: a method to assess and eliminate instrumental function errors.

— ●GERARDO JOSÉ PADILLA VÍQUEZ and KARL JOUSTEN — PTB - Institut Berlin, Abbe Straße 2-12, 10587 Berlin

We present a new method to identify and eliminate the presence of spectroscopic instrumental function error on integrated absorption (line intensity) measurements. The need of such measurements with high accuracy demands to take care of the effect of the instrumental function upon the line intensity, which is often neglected in the literature. The self-deconvolution methods found on the literature keep the integrated absorption of the lines constant and are often focused on the task of increasing resolution of the spectra to distinguish partially overlapped lines. We have developed a new method to deconvolve absorption spectra without making any assumption on the instrumental function. The method allowed us to identify spectra affected by the instrumental func-

tion (in our case, the emission form function of our laser) in such a way that the measured integrated absorption had a systematic error, making it smaller than the real value. The method permits us to correct the mentioned error and to find the real line intensity based on the measurements of two absorption spectra, under the restriction that one of them must be taken under Doppler conditions.

Fachvortrag

A 4.7 Fr 18:15 HU 3075

Search for permanent electric dipole moment in Radium — •U. DAMMALAPATI, S. DE, K. JUNGSMANN, and L. WILLMANN — Kernfysisch Versnellend Instituut, Zernikelaan 25, 9747 AA Groningen

A permanent electric dipole moment (edm) of a fundamental particle violates time reversal symmetry as well as parity. Any measurable edm would indicate physics beyond the standard model. Recently it was pointed out that due to the atomic structure some short lived Radium isotopes are good candidates for new types of experiments. A new facility (TRI μ P: Trapped Radioactive Isotopes: μ -laboratories for fundamental Physics) to produce and trap such radioactive isotopes is currently under construction at our institute. Currently we are working towards trapping and cooling of heavy alkaline earth. We are working on laser cooling and trapping of Barium, which has a level scheme similar to Radium. We will discuss our laser cooling scheme and will show first results. Several lasers for repumping out of metastable states are required. In addition we determine the hyperfine structure, isotope shifts and the lifetimes of ^3P states in preparation for a measurement of these quantities in radium. This information is needed as input for atomic structure calculations and an evaluation of the sensitivity of radium for an edm search.

Hauptvortrag

A 4.8 Fr 18:30 HU 3075

QED effects in laser fields — •ULRICH D. JENTSCHURA, JÖRG EVERS, KAREN Z. HATSAGORTSYAN, MARTIN HAAS, and CHRISTOPH H. KEITEL — Max-Planck Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg

Various quantum electrodynamical effects in laser fields are presented. The Lamb shift is shown to be modified in a nontrivial way due to the presence of a coherent driving field [1]. For the Mollow spectrum both radiative and relativistic corrections are evaluated and shown to be of non-negligible magnitude for high-precision experiments [2]. Finally, for somewhat more intense laser pulses, the quantum dynamics of positronium is studied. Here emphasis is placed on high harmonic generation and annihilation estimations [3].

[1] U. D. Jentschura, J. Evers, M. Haas, C. H. Keitel, Phys. Rev. Lett. **91**, 253601 (2003).

[2] J. Evers, U. D. Jentschura and C. H. Keitel, Phys. Rev. A, in press.

[3] B. Henrich, K. Z. Hatsagortsyan, C. H. Keitel, Phys. Rev. Lett. **93**, 013601 (2004).