

## GR 12: Experimente zur Gravitation II

Zeit: Donnerstag 14:00–16:00

Raum: KGI-HS 1010

GR 12.1 Do 14:00 KGI-HS 1010

**Test der relativistischen Zeitdilatation mit schnellen optischen Uhren** — ●SASCHA REINHARDT<sup>1,3</sup>, GUIDO SAATHOFF<sup>1,3</sup>, HENRIK BUHR<sup>1</sup>, LARS A. CARLSON<sup>1</sup>, ANDREAS WOLF<sup>1</sup>, DIRK SCHWALM<sup>1</sup>, SERGEI KARPUK<sup>2</sup>, CHRISTIAN NOVOTNY<sup>2</sup>, GERHARD HUBER<sup>2</sup>, MARCUS ZIMMERMANN<sup>3</sup>, RONALD HOLZWARTH<sup>3</sup>, THOMAS UDEM<sup>3</sup>, THEODOR W. HÄNSCH<sup>3</sup> und GERALD GWINNER<sup>4</sup> — <sup>1</sup>MPI für Kernphysik, 69029 Heidelberg, Germany — <sup>2</sup>Institut für Physik, Universität Mainz, 55099 Mainz, Germany — <sup>3</sup>MPI für Quantenoptik, 85478 Garching, Germany — <sup>4</sup>Dept. of Physics & Astronomy, University of Manitoba, Winnipeg R3T 2N2, Canada

Die relativistische Zeitdilatation, wie in der Speziellen Relativitätstheorie vorausgesagt ist, wird mit schnellen optischen Uhren, die durch Lithium Ionen realisiert sind, gemessen und mit der Speziellen Relativitätstheorie verglichen.

Die Grundlage des Experiments ist der Testspeicherring am MPI für Kernphysik, der es ermöglicht Lithium Ionen bei 3% oder 6.4% der Lichtgeschwindigkeit zu speichern. An den gespeicherten Ionen wird eine Laserspektroskopie mit zwei gegenläufigen Laserstrahlen durchgeführt, so dass das Experiment nicht mehr durch die Dopplerverbreiterung limitiert wird.

Die Ergebnisse der Messungen geben eine neue obere Grenze für eine Abweichung zwischen Beobachtung und Theorie vor, die im Rahmen der Robertson-Mansouri-Sexl Testtheorie einen Wert von  $\hat{\alpha} < 8.4 \times 10^{-8}$  ergibt (1).

(1) S. Reinhardt et al., Nature Physics, doi:10.1038/nphys778

GR 12.2 Do 14:20 KGI-HS 1010

**Laboratory test of gravitational drag?** — ●JOHAN K. FREMEREY — Karl-Friedrich-Schinkel-Str. 14, D-53127 Bonn, Germany

In the early 1960s, J. C. Keith on the basis of both, Birkhoff's and Einstein's theories of gravitation proposed the existence of a rotational drag [1,2] besides the one caused by the generally accepted gravitational quadrupole radiation. A rotational drag as expected by Keith was experimentally observed in the early 1970s on a magnetically suspended, 2.5-mm steel ball spinning freely at rotational frequencies up to and beyond the elastic limit of the rotor material [3]. The laboratory observations have been disapproved by gravitational physicists as being incompatible with the observation of extraterrestrial objects [4,5]. The apparent discrepancy, however, can be resolved by simply assuming that the gravitational interaction postulated by Keith does not penetrate compact matter such as, in particular, the atomic nuclei contained in the experimental rotor. On grounds of this consideration, the Keith effect is expected to be observable only on small rotating bodies as these are widely transparent to the interaction.

[1] J.C. Keith, J. Math. Phys. 42, 248 (1963). [2] J.C. Keith, Rev. Mex. Fis. 12, 1 (1963). [3] J.K. Fremerey, Phys. Rev. Lett. 30, 753 (1973). [4] M. Reinhardt, A. Rosenblum, Lett. Nuovo Cimento 6, 189 (1973). [5] G.T. Gillies, Rev. Roum. Phys. 30, 805 (1985).

GR 12.3 Do 14:40 KGI-HS 1010

**Numerische Modellierung der MICROSCOPE-Mission** — ●MEIKE LIST, STEFANIE BREMER, HANNS SELIG und HANSJÖRG DITTUS — ZARM - Universität Bremen, Am Fallturm, 28359 Bremen

Das Ziel des französischen Raumfahrtprojektes MICROSCOPE ist die experimentelle Überprüfung des schwachen Äquivalenzprinzips mit einer Genauigkeit von  $\eta = 10^{-15}$ . Das Experiment wird voraussichtlich Ende 2011 auf einer erdnahen Umlaufbahn an Bord eines Kleinsatelliten der CNES- $\mu$ -Sat-Line durchgeführt. Das französische Institut ONERA entwickelt und baut die hochgenauen Differential-Accelerometer, mit deren Hilfe die angestrebte Messgenauigkeit erreicht werden soll.

Das ZARM verfügt über das Erstzugriffsrecht auf die Missionsdaten. Für die Datenanalyse sowie die In-Orbit-Kalibrierungsphasen

des Satelliten werden am ZARM umfangreiche Missionsmodellierungen durchgeführt. Sowohl die verschiedenen Störeinflüsse als auch die verschiedenen Regelkreise zur Steuerung der Flugbahn des Satelliten und des Experiments sollen mit Hilfe dieses Modells simuliert werden.

Über den aktuellen Stand des DLR-Projekts wird im Rahmen des Vortrags berichtet.

GR 12.4 Do 15:00 KGI-HS 1010

**Gravitational waves and rovibrational quantum interferometers** — ●DENNIS LOREK<sup>1</sup>, ANDREAS WICHT<sup>2</sup>, CLAUS LÄMMERZAHN<sup>1</sup>, and HANSJÖRG DITTUS<sup>1</sup> — <sup>1</sup>ZARM, Universität Bremen, Germany — <sup>2</sup>Institut für Experimentalphysik, Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf, Germany

We show that the application of atom interferometry techniques to the internal, i.e. rotational-vibrational states of molecules provides a new tool for ultra-high precision tests of fundamental physics. As an example we present how a molecular rovibrational quantum interferometer based on the HD<sup>+</sup> molecule may be used to detect gravitational waves. The perturbation of the molecular Hamiltonian by a gravitational wave is derived, the quantum interferometric measurement principle is described, and the size of the effect is estimated. We will discuss whether a gravitational wave causes a frequency shift which may be detectable with the next generation atom interferometers.

GR 12.5 Do 15:20 KGI-HS 1010

**Dynamics of a rigid body in an inhomogeneous force field** — ●ANDREAS RESCH, CLAUS LÄMMERZAHN, DENNIS LOREK, ISABELL SCHAFFER, and HANSJÖRG DITTUS — ZARM, University of Bremen, Germany

Extended rigid bodies do not move on geodesics but couple to the space-time curvature. We discuss this effect at the Newtonian level where the deviation from the ordinary Keplerian orbits occurs in two ways: we obtain an additional force in the equation of motion for the center-of-mass and a torque acting on the rotational degrees of freedom. We give a survey of the dynamics for various initial conditions. We discuss whether these modifications of the equations of motion can explain the so-called flyby anomaly. In particular, the behavior of satellites during a flyby is studied and a comparison with the flyby anomaly of Galileo, NEAR, Cassini and Rosetta is made.

GR 12.6 Do 15:40 KGI-HS 1010

**Report on the new analysis of tracking and house keeping data of the spacecraft Pioneer 10 and 11** — STEFANIE BREMER, HANSJÖRG DITTUS, CLAUS LÄMMERZAHN, MEIKE LIST, ●LAURA MULLIN, and BENNY RIEVERS — ZARM, Universität Bremen, Am Fallturm, D - 28359 Bremen

The Pioneer Anomaly denotes the anomalous constant blue shift of the Doppler tracking data of the spacecraft Pioneer 10 and Pioneer 11 at distances between 20 and 70 astronomical units. The phenomenon has been reported the first time by JPL in 1998 (Anderson et al.) and gave rise of various speculations about its origin since then. The blue shift can be interpreted as a constant acceleration towards the sun or the earth. Intensive investigations had been carried out in order to identify internal (on-board) or external sources for systematic errors. So far, none of the various effects investigated can explain the phenomenon. As part of an international collaboration (funded by DLR, CNES, NASA, and the International Space Science Institute), research at ZARM is being undertaken in a new effort to understand systematic modelling errors on the Pioneer spacecraft using housekeeping telemetry data corresponding to the mission period originally studied. These data will allow the verification of a finite element thermal model under construction as well as maneuver and gas leak modelling. We will report on recent results.