



Doctoral Thesis

A highly sensitive ^{199}Hg magnetometer for the nEDM experiment

Author(s):

Horras, Marlon Bela

Publication Date:

2012

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-007557385> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH NR. 20558

A highly sensitive ^{199}Hg magnetometer for the nEDM
experiment

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER WISSENSCHAFTEN

der

ETH ZÜRICH

vorgelegt von

Marlon Bela Horras

M. Sc. Phys, Universität Basel

geboren am 13.09.1982

von Rümlingen, BL

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. Klaus Kirch
Prof. Dr. Christoph Grab
Dr. Philipp Schmidt-Wellenburg

2012

Abstract

The search for a neutron electric dipole moment (nEDM) is closely linked to extensions of the Standard Model, since a nonzero EDM implies CP-violation. The so far best upper limit on the nEDM was published in 2006 by the RAL-Sussex-ILL collaboration ($|d_n| < 2.9 \times 10^{-26} e \text{ cm}$, 90 % C.L.). An international collaboration is searching for the nEDM at the Paul Scherrer Institute aiming at a sensitivity of $5 \times 10^{-27} e \text{ cm}$ at 95 % C.L. as an intermediate goal and 5×10^{-28} at 95 % C.L. as a final goal.

A crucial tool in the nEDM apparatus is a ^{199}Hg cohabiting magnetometer, which monitors the magnetic field and allows one to correct for field drifts. The sensitivity of the nEDM apparatus depends among others on the sensitivity of the ^{199}Hg magnetometer. There are several ways to improve the magnetometer. A feasible one is the increase of polarisation of the ^{199}Hg vapour. Finding a way how to do this was part of my work at Paul Scherrer Institute (PSI). For this purpose a test setup was built in which polarisation and spin precession of ^{199}Hg atoms can be observed. In the context of the studies, different volumes and wall coatings of the polarisation chamber of the ^{199}Hg magnetometer were investigated.

With an increased sensitivity, the systematic effects have to be controlled on the same level. Using a mercury co-magnetometer the largest systematic effect is the geometric phase effect of ^{199}Hg which is responsible for a false EDM signal. Planning and realisation of a measurement of the ^{199}Hg geometric phase effect and a subsequent analysis of the taken data was also part of my work.

Zusammenfassung

Die Suche nach dem elektrischen Dipolmoment des Neutrons (nEDM) ist eng verbunden mit den Erweiterungen des Standardmodells, da ein von Null verschiedenes EDM CP-Verletzung impliziert. Die bislang beste Obergrenze des nEDMs wurde 2006 von der RAL-Sussex-ILL Kollaboration publiziert ($|d_n| < 2.9 \times 10^{-26} e \text{ cm}$, 90 % C.L.). Eine internationale Kollaboration hat sich zum Ziel gesetzt das nEDM mit einer verbesserten Sensitivität von $5 \times 10^{-27} e \text{ cm}$ bei 95 % C.L. als mittelfristigem und $5 \times 10^{-28} e \text{ cm}$ bei 95 % C.L. als längerfristigem Ziel.

Ein wesentlicher Bestandteil des nEDM Apparates ist ein ^{199}Hg Co-Magnetometer, das das magnetische Feld misst, um dadurch Felldrifts zu korrigieren. Um den EDM-Apparat zu verbessern ist auch eine Verbesserung der Sensitivität des ^{199}Hg Magnetometers nötig. Die Sensitivität des ^{199}Hg Magnetometers hängt linear von der Polarisation des ^{199}Hg Dampfes ab. Die Suche nach einem Weg die Polarisation zu verbessern war Teil meiner Arbeit am Paul Scherrer Institut (PSI). Dafür war der Bau eines Testaufbaus nötig, in dem die Polarisation und die Spinpräzession von ^{199}Hg Atomen beobachtet werden kann. Im Rahmen meiner Studien wurden verschiedene Volumina und verschiedene Wandbeschichtungen für die Polarisationskammer des ^{199}Hg Magnetometers untersucht.

Bei einer verbesserten Sensitivität ist auch die Kontrolle von systematischen Effekten auf entsprechendem Niveau nötig. Der grösste systematische Effekt ist der Effekt der geometrischen Phasen von den ^{199}Hg Atomen, der ein falsches EDM-Signal erzeugt. Die Planung sowie die Durchführung der Messung der geometrischen Phasen von ^{199}Hg sowie die Analyse der genommenen Daten waren ebenfalls Gegenstand meiner Arbeit.