

Messung der effektiven Lebensdauer und der Verluste von Ultrakalten Neutronen (UCN) in einer Speicherkammer aus Sitall-Glaskeramik

N. du Fresne von Hohenesche¹, W.Heil¹, C. Plonka-Spehr², J.-V.Kratz², G. Hampel², T. Lauer¹, Y. Sobolev², Y. Borisov³, A. Kraft², T. Lang¹, J. Zenner¹,

¹Institut für Physik, Johannes Gutenberg-Universität, D-55128 Mainz, Germany; ² Institut für Kernchemie, Johannes Gutenberg-Universität, D-55128 Mainz, Germany ; ³PNPI, St. Petersburg Nuclear Physics Institute, Gatchina, Russland

Einleitung: Nach einem Theorem von Sakharov [1] könnte ein von Null abweichender und über die Vorhersagen des Standardmodells der Elementarteilchenphysik hinausgehender Wert für das elektrische Dipolmoment d_n des Neutrons einen Erklärungsansatz für die beobachtete Materie-Antimaterie-Asymmetrie in unserem Universum liefern. Die präziseste Grenze für diesen Wert ($d_n < 3 \cdot 10^{-26} e \cdot \text{cm}$) liefert zurzeit das Experiment [2]. Dieses wird von einer europäischen Kollaboration unter Mainzer Beteiligung am Paul-Scherrer Institut (Villigen/Schweiz) weitergeführt. Um die Sensitivität auf d_n zu steigern, wird u.a. angestrebt, eine UCN-Speicherkammer aus einem neuartigen Material zu konstruieren. Eine Sitall-Glaskeramik soll dabei eingesetzt werden, die aufgrund ihrer Materialbeschaffenheit UCN mit hoher kinetischer Energie speichern kann, zugleich auch den Einsatz eines hohen elektrischen Feldes zwischen den die Speicherkammer begrenzenden Elektroden ermöglicht. Die Sensitivität der Messung ist proportional [2] zu:

$$\sigma_{dn} \propto \frac{1}{ET\sqrt{N}},$$

wobei E die elektrische Feldstärke, T die Messdauer und N die Anzahl der gespeicherten Neutronen angibt. Eine neue Speicherkammer kann gleichermaßen zu einer Erhöhung von N , E und T führen. Ergebnisse erster UCN-Speichermessungen werden im Folgenden präsentiert.

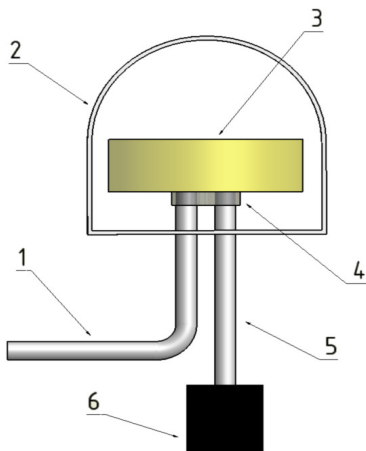


Abbildung 1. Aufbau des Experiments: (1) Strahlrohr von UCN-Quelle, (2) Vakuummkammer, (3) Speicherkammer (Sitall), (4) UCN-Verschluss (Shutter), (5) Strahlrohr zum (6) UCN-Detektor.

Experimentelles: Abb. 1 zeigt eine schematische Darstellung des Versuchsaufbaus. Die zylindrische Speicherkammer aus Sitall hat ein Volumen von etwa 20 Litern. Im Pulsbetrieb des Mainzer TRIGA Mark II Reaktors wird die Speicherkammer mit UCN aus der Quelle am Strahlrohr C gefüllt; 3 Sekunden nach dem Puls schließt ein Shutter die Kammer. Nach einer definierten Speicherzeit werden die „überlebenden“ UCN im Detektor nachgewiesen. Wir erhalten einen exponentiellen Abfall über die Speicherzeit (vgl. Abb. 2). Die effektive Speicherzeit τ_{eff} lässt sich aus der reziproken Summe der Lebensdauer des freien Neutrons τ_β , der Verluste durch Schlitze τ_{slit} und der Verluste durch Absorption ableiten.

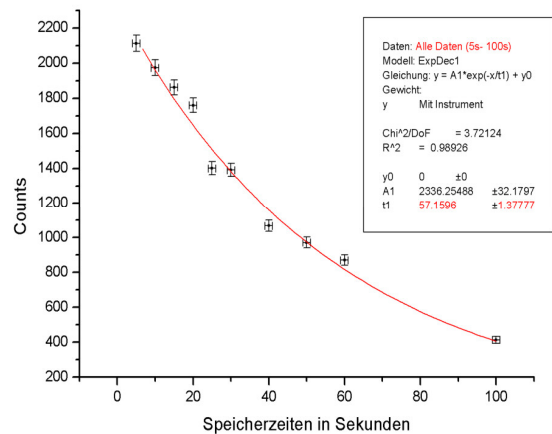


Abbildung 2. Die integrale Zählrate, aufgetragen gegen die Speicherzeit. Der exponentielle Fit ergibt eine Abfallkonstante von (57.2 ± 1.4) s.

Ergebnis: Mit der Messung einer Abfallkonstante von etwa 60 s und unter Einbeziehung der Verluste durch Schlitze erhält man eine untere Abschätzung von $\tau_{\text{eff}} \sim 100$ s. Sitall hat damit eine ähnliche Speichergüte wie andere in UCN-Experimenten eingesetzte Materialien. Es weist darüber hinaus einen hohen elektrischen Widerstand von $10^{16} \Omega \cdot \text{cm}$ auf und ist damit sehr hochspannungsfest. Weitere Messungen z.B. zur Depolarisationseigenschaft der UCN werden zeigen, ob das Material geeignet ist, in einem Experiment zur Messung des elektrischen Dipolmoments des Neutrons eingesetzt zu werden.

Referenzen:

- [1] A.D. Sakharov, Violation of CP invariance, C asymmetry and Baryon asymmetry of the Universe, JETP Lett. 5(32) 1967
- [2] P.G. Harris et al., New experimental limits on the Electric Dipole Moment of the Neutron, Physical Review Letter 82 ,5, 1998