

Bachelor- / Masterarbeit am Tritiumlabor Karlsruhe (IAP-TLK)

GEANT-4 basierte Simulation von Einzeleventanalyse für TriXe

Motivation

Eine der größten Herausforderungen der modernen Physik ist der direkte Nachweis von Dunkler Materie (DM), für welche Zeitprojektionskammern (TPC's) mit Xenon als Detektormaterial, wie momentan XENONnT oder künftig XLZD, genutzt werden. Dabei handelt es sich um kryogene zylindrische Behälter, welche mit flüssigem und gasförmigem Xenon (s. **Abb. 1**) befüllt und an den Endkappen mit Photomultipliern bestückt sind. Durch die Interaktionen der schwach wechselwirkenden massiven Teilchen (WIMP's) mit den Xenonkernen in Form von Kernrückstößen entstehen angeregte Dimere (Xe_2^*), welche bei Dissoziation Photonen im vakuum-ultravioletten (VUV) Spektralbereich emittieren. Neben dem prompten Photonensignal (S1) werden Elektronen durch Ionisation freigesetzt und driften durch ein angelegtes elektrisches Feld zwischen Kathode und Gate zur obigen Gasphase. Dort produzieren die Elektronen durch ein zweites, stärkeres, elektrisches Feld Elektrolumineszenz, das verzögerte Sekundärsignal (S2). Durch einen Vergleich zwischen S1 und S2 kann zwischen Signal und Untergrund diskriminiert werden. Ein Signal kann sowohl durch WIMP's als auch durch Betaelektronen, welche aus radioaktiven Isotopen im Detektormaterial stammen, induziert werden.

Eine Quelle für unerwünschte Untergrundsignale ist Tritium (^3H), welches durch natürliche Prozesse wie Myonen-induzierte Spallation im Detektormaterial entstehen kann. Für DM Experimente ist daher zur Reduktion die Kenntnis des Tritiuminventars im Detektormaterial unabdingbar, wofür die **Henry-Löslichkeit** und die **Diffusionsgeschwindigkeit** tritierter Molekülverbindungen wie HTO , CH_3T , HT oder T_2 , in Xenon benötigt wird.

Aufgabenstellung

Die Zielsetzung des geplanten „Tritium in Xenon“ (TriXe) Experiments ist es, die Löslichkeit und die Diffusionseigenschaften tritierter Molekülverbindungen in Zweiphasen Xenon, analog zu den Betriebsbedingungen von DARWIN, zu untersuchen. Bei dem Design von TriXe handelt es sich um einen zylindrischen Behälter mit VUV sensitiven Photomultipliern an den Endkappen. Mit Letzteren sollen die Zerfälle aus den jeweiligen Phasen rekonstruiert werden um daraus (zeitabhängig) die Konzentration der tritierten Moleküle ortsabhängig zu rekonstruieren. Die Rekonstruktion eines Zerfallsereignisses erfolgt durch Einzeleventanalyse.

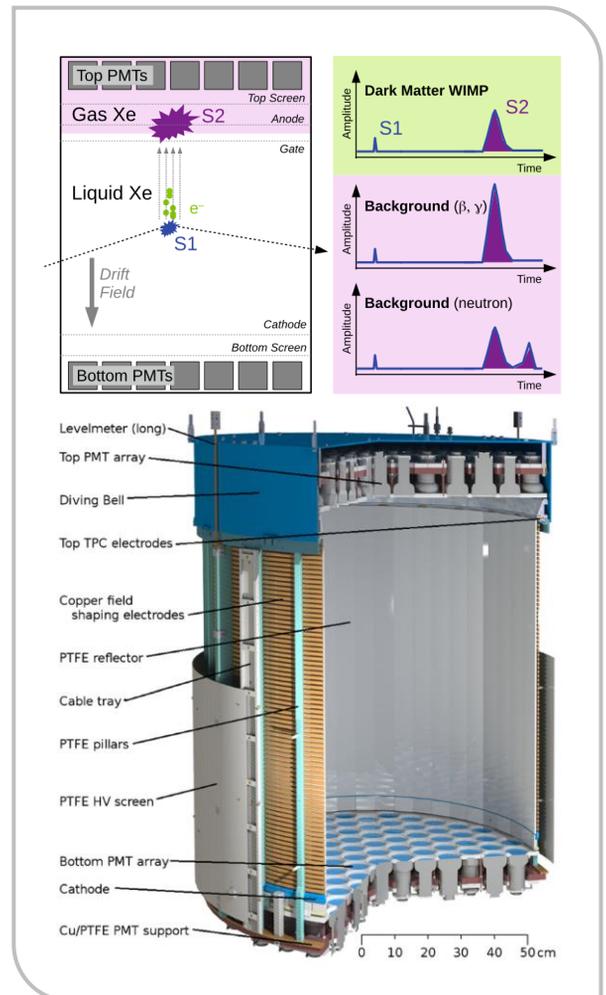


Abbildung 1: Funktionsprinzip (oben) und CAD Modell der XENON1T Zeitprojektionskammer (unten) zur Messung von WIMP Ereignissen
doi:10.1140/epjc/s10052-017-5326-3

Im Rahmen dieser Arbeit sollen weiterführende Aspekte, wie Bestimmung der Anzahl an Ereignissen pro Phase oder Kalibrierung der Füllhöhe der flüssigen Phase, untersucht werden. Weitere offene Punkte sind beispielsweise der Einfluss der Statistik auf die Energie- und Zählratenauflösung, Oberflächeneigenschaften der Geometrie sowie Memoryeffekt von Tritium in der Messkammer. Interesse? james.braun@kit.edu, meldet euch!

Gliederung der Bachelor- / Masterarbeit

Einarbeitungsphase

- Lesen der bisherigen Arbeiten zum Thema wie Grundlagen zum direkten Nachweis von Dunkler Materie mit TPC's und Entstehung von vakuum-ultraviolettem Szintillationslicht in Xenon
- Einarbeitung in das Simulationsframework von GEANT4 und Erstellen eines Simulationsplans
- Vorbereiten und Halten eines Antrittsvortrags vor der Arbeitsgruppe

Analysephase

- Durchführung der geplanten Simulationen auf dem Rechencluster
- Statistische Analyse und Diskussion sowie Darstellung der generierten Datensätze

Schreib- und Abschlussphase

- Zusammenfassen und Darstellen der Ergebnisse in einer Thesis (*mit max. 35 (BA) / 70 (MA) Seiten*)
- Anschließender Abschlussvortrag vor der Arbeitsgruppe

Grundlegende Themengebiete

- Astroteilchenphysik/Dunkle Materie, (optische vakuum-ultraviolette) Szintillation
- Monte Carlo Simulation mit GEANT4/Penelope
- Automatisierte Datenanalyse mit gängigen Programmiersprachen (z.B. Python/C++/C#)
- Kommunikation, Diskussion und Präsentation von Ergebnissen
- Erlernen der wissenschaftlichen Arbeitsweise in einem Forschungsumfeld

Was ist hilfreich?

- Erfahrungen mit Programmieren, Datenanalyse und GEANT4
- Spaß daran, unbekannte Fragstellungen (mit) zu beantworten

Wissenschaftliche Betreuung

Prof. Dr. Kathrin Valerius
Dr. Robin Gröble

(KIT IAP)
(KIT IAP-TLK)

kathrin.valerius@kit.edu
robin.groessle@kit.edu

Ansprechpartner

M.Sc. James Braun

(KIT IAP-TLK)

james.braun@kit.edu



Beginn: Nach Absprache. Die Arbeit findet am IAP-TLK (Geb. 451) auf dem Gelände des Campus Nord statt.