

Etude de détection gazeuse d'électrons d'ionisation dans une chambre à projection temporelle pour l'expérience PandaX-III

Spécialité Instrumentation

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhN/LSN](#)

Candidature avant le 14/05/2020

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [NEYRET Damien](#)

+33 1 69 08 75 52

damien.neyret@cea.fr

Autre lien <https://pandax.sjtu.edu.cn/>

Résumé

L'expérience PandaX-III recherche des désintégrations double-beta sans neutrino dans une TPC en Xénon gazeux à 10 bars. Cette TPC utilise des détecteurs gazeux Micromegas Microbulk à grande radiopureté et très bonne résolution en énergie. Le stagiaire travaillera à l'étude des performances de ces détecteurs en comparaison avec d'autres type de Micromegas. Il travaillera aussi sur un prototype de TPC sans amplification gazeuse utilisant une électronique IDeF-X à très bas bruit qui pourrait atteindre de meilleures performances que les Micromegas.

Sujet détaillé

Ettore Majorana a montré que le neutrino, seule particule de matière de charge électrique nulle, pourrait être identique à son antiparticule. Si tel est le cas, alors un phénomène naturel nouveau devrait apparaître pour quelques rares isotopes : la désintégration double-beta sans émission de neutrinos. La violation de l'invariance du nombre leptonique qui en résulte, et qui est interdite par le Modèle Standard serait une découverte majeure. La collaboration PandaX-III propose de mesurer la cinématique d'événements de désintégration double-beta de noyaux de Xénon 136 dans un grand volume de Xénon gazeux à 10 bars, en les distinguant des différents bruits de fonds (double-beta classique, contamination d'autres noyaux radioactifs, rayons cosmiques). Cette expérience prendra place dans le laboratoire souterrain de JinPing (province du Sichuan, Chine) à partir de fin 2020 avec un premier module de 145 kg de Xénon, pour arriver à une masse de 1 tonne avec 5 modules à partir de 2022.

Afin de mesurer les événements de désintégration, le volume de Xénon gazeux formera une chambre à projection temporelle (Time Projection Chamber, TPC) où les particules issues de la désintégration ionisent le gaz. La détection des électrons d'ionisation, qui dérivent sous l'effet d'un champ électrique, se fait par des détecteurs gazeux à micro-structure Micromegas indépendamment suivant les deux directions X et Y. La coordonnée Z qui indique la distance au plan de détection est mesurée par le temps de dérive des électrons. Les événements de désintégration double-beta

présentent une topologie relativement différente de celle des événements de bruits de fond gamma, de même énergie, issus de noyaux radioactifs. Ceci peut permettre de fortement réduire, d'un facteur jusqu'à 100, l'influence du bruit de fond gamma dans la mesure, en reconstruisant la trajectoire des électrons pour reconnaître leur topologie.

Plusieurs contraintes s'appliquent sur les détecteurs Micromegas de la TPC: Ils doivent atteindre une très bonne résolution en énergie, moins de 3% et jusqu'à 1%, afin de différencier les événements double-beta sans production de neutrinos (2,5 MeV) des double-beta classique qui ont une énergie inférieure. Ils doivent aussi être constitués de matériaux de très faible radioactivité, afin de limiter la contribution des bruits de fonds gamma. Le choix de la collaboration PandaX-III s'est porté sur les Micromegas Microbulk, qui sont constitués d'une feuille de polyimide et de cuivre, matériaux de bonne radiopureté et d'excellente résolution en énergie. Ces détecteurs sont cependant délicats à mettre en œuvre. Plusieurs études sont en cours afin de mesurer et d'optimiser leurs performances, en essayant en particulier de traiter les défauts de détection qui peuvent apparaître (voies manquantes, courants de fuite, décharges sur certaines voies). Des R&D sont aussi en cours dans notre laboratoire afin de déterminer si d'autres types de détecteurs Micromegas bulk, plus robustes, pourraient atteindre des performances similaires aux Microbulks, ou si une détection directe des électrons d'ionisation sans amplification gazeuse et avec une électronique de lecture à très bas bruit pourrait remplacer les détecteurs Micromegas pour ce type d'application. Ces détecteurs pourraient alors être pris en compte pour le design des modules TPC qui suivront le premier.

Lors de son stage l'étudiant participera avec les physiciens de l'Irfu/DPhN du groupe PandaX-III ainsi qu'avec les ingénieurs de l'Irfu/Dedip aux études sur les détecteurs Microbulk et sur les détecteurs Micromegas bulk à haute résolution en énergie. Il participera aussi à la mise en œuvre d'un prototype d'une TPC avec lecture directe des électrons d'ionisation utilisant des chips de lecture IDeF-X à très bas bruit. Après avoir mesuré les performances de ces détecteurs grâce à une source radioactive ainsi qu'avec des rayons cosmiques, il travaillera à l'analyse des données recueillies afin d'en déterminer le niveau de bruit de l'électronique, la résolution en énergie et l'homogénéité du gain des détecteurs, ainsi que leur résolution spatiale. Les résultats pourront être présentés à la collaboration PandaX-III qui est directement intéressée par ce travail, ainsi que devant d'autres groupes.

Le travail proposé aura lieu au Département de Physique Nucléaire (DPhN) à l'Irfu au CEA de Saclay, ainsi que partiellement dans le laboratoire Dedip de l'Irfu. La Collaboration PandaX-III comprend 60 physiciens de 12 laboratoires en Chine, aux États-Unis, en Espagne et en France. Les physiciens du groupe PandaX-III du DPhN ont participé à l'analyse des données plusieurs expériences de physique nucléaire et de physique hadronique ces dernières années et ont une grande expérience des problématiques de reconstruction de traces dans des détecteurs gazeux. Ils ont aussi développé différents détecteurs Micromegas pour les expériences Compass et n_TOF.

Durée du stage prévue: 4 à 6 mois

Formation demandée: M1 ou M2, le stage pourra éventuellement déboucher sur une thèse sur l'expérience PandaX-III

Mots clés

TPC, chambre à projection temporelle, détection gazeuse, détecteurs Micromegas, électronique de lecture

Compétences

Analyses de données, analyse statistique, détecteurs gazeux Micromegas, électronique de lecture et prise de données, simulation Monte-Carlo

Logiciels

C++, ROOT, GEANT4, Garfield++

Study on gaseous detection of ionization electrons in a time projection chamber for the PandaX-III experiment

Summary

The PandaX-III experiment search for neutrinoless double-beta decays in an high pressure (10 bar) gaseous Xenon TPC. This TPC features Micromegas Microbulk gaseous detectors with an high radiopurity and a very good energy resolution. The student will study the performance of these detectors, with a comparison with other kinds of Micromegas detectors. He/she will also work on a small TPC prototype without gaseous amplification using a very low noise IDeF-X read-out electronics, which could reach better performances compared to Micromegas detectors.

Full description

Keywords

TPC, time projection chamber, gaseous detection, Micromegas detectors, read-out electronics

Skills

Data analysis, statistics, gaseous detectors, read-out electronics and data acquisition system, Monte-Carlo simulation

Softwares

C++, ROOT, GEANT4, Garfield++