IRFU : Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'univers

Saclay

DPhN/LSN

Correction des imperfections de détection d'événements double-bêta dans une TPC de Xénon pour l'expérience PandaX-III

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil DPhN/LSN

Candidature avant le 11/05/2020

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 la reconstruction des événements double-bêta et des bruits de fond gamma, et la prise en compte des imperfections des détecteurs pour la reconnaissance double-bêta/gamma et la détermination de la cinématique des événements.

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-bêta 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-bêta de noyaux de Xénon 136 dans un grand volume de Xénon gazeux à 10 bars, en les distinguant des différents bruits de fonds (double-bêta 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-bêta

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 différentier les événements double-bêta sans production de neutrinos (2,5 MeV) des double-bêta classique qui ont une énergie inférieure. Les études sur les prototypes de ces détecteurs ont montré que ceux-ci étaient assez fragiles, avec une probabilité assez forte de présenter une ou plusieurs voies non-fonctionnelles, ainsi que de possibles inhomogénéités de leurs performances. Il est donc important d'étudier l'impact de ces imperfections sur la sensibilité de la future expérience, en particulier sur les performances de réjection du bruit de fond gamma, et sur la résolution de la mesure de l'énergie des événements qui est un paramètre important pour la mise en évidence du pic des double-bêta sans émission de neutrinos. Des algorithmes de correction pourront aussi être développés afin de corriger une partie de l'effet de ces voies manquantes.

Au sein des équipes de l'IRFU l'étudiant participera aux études sur la prise en compte des imperfection des détecteurs (voies manquantes, inhomogénéité des performances, etc...), et contribuera à développer les méthodes de calibration et de correction des données nécessaires pour compenser ces imperfections. Ce travail se basera sur des simulations Monte-Carlo Geant4 du dispositif expérimental de l'expérience, ainsi que sur des données d'une petite TPC prototype de test mise en œuvre au laboratoire de Shanghai. Les résultats pourront être présentés pendant les meetings bihebdomadaires de la collaboration PandaX-III.

Le travail proposé aura lieu au Département de Physique Nucléaire (DPhN) à l'Irfu au CEA de Saclay. 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: M2, le stage pourra déboucher sur une thèse sur l'expérience PandaX-III

Mots clés

TPC, chambre à projection temporelle, détection gazeuse, détecteurs Micromegas, analyse de données, reconstruction d'événements

Compétences

Analyses de données, analyse statistique, détecteurs gazeux Micromegas, simulation Monte-Carlo Geant4

Logiciels

C++, ROOT, GEANT4, environnement REST

Correction of the detection flaws of double-beta events in a gaseous Xenon TPC 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 work on the reconstruction of the double-beta and gamma background events, and will study the impact of the detector flaws on the double-beta/gamma recognition and the determination of the event kinematics.

Full description

Keywords

TPC, time projection chamber, gaseous detection, Micromegas detectors, data analysis, event reconstruction

Skills

Data analysis, statistics, Micromegas gaseous detectors, Monte-Carlo simulation with Geant4

Softwares

C++, ROOT, GEANT4, environnement REST