

Simulation d'un détecteur bêta pour l'étude des antineutrinos de réacteur

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Ingénieur/Master

Unité d'accueil [DPhN/LEARN](#)

Candidature avant le 04/04/2024

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [LETOURNEAU Alain](#)

+33 1 69 08 76 01

alain.letourneau@cea.fr

Résumé

Nous proposons d'étudier les différentes options pour la construction d'un détecteur d'électrons qui servira à mesurer les spectres bêta émis par les fragments de fission. Le travail sera réalisé par simulation à l'aide du code Geant4, complété par des mesures réalisées en laboratoire avec un prototype et des sources bêta. Ces mesures serviront à valider les simulations.

Sujet détaillé

Les neutrinos sont des particules fascinantes dont certaines propriétés nous échappent encore malgré des années de recherche. Nombre d'avancées, dont leur découverte, ont été rendues possibles grâce aux réacteurs nucléaires, ceux-ci produisant en effet d'importantes quantités d'antineutrinos électroniques par décroissance bêta des fragments de fissions. Les mesures récentes auprès de réacteurs montrent des déviations de quelques pourcents par rapport à la théorie qu'il faut comprendre. Les dernières mesures et études théoriques réalisées par notre équipe [1,2] ont rejeté l'existence d'une nouvelle physique et pointent vers un biais dans la prédiction qui serait dû à un biais expérimental dans les mesures de spectres bêta de fission sur lesquelles elle s'appuie.

Ce travail de stage s'inscrit dans la suite des études menées pour comprendre l'origine des anomalies. Nous projetons de remesurer les spectres bêta de fission des actinides majeurs qui ont été mesurés dans les années 1980 et qui servent de références à la prédiction. Pour ce faire, nous souhaitons développer un détecteur pouvant mesurer les électrons sur une grande gamme en énergie en présence d'un fond de rayonnement gammas. La technologie plastique scintillants semble être aujourd'hui la mieux adaptée et la plus simple à mettre en œuvre moyennant des optimisations.

A l'aide de la simulation Geant4, il s'agira d'étudier les performances de différentes options de détecteur, afin d'orienter les choix de conception. En particulier, les options segmentées semblent intéressantes pour rejeter le bruit de fond gamma mais elles nécessitent une mise en œuvre plus compliquée. En complément, des mesures de validation sur un prototype seront réalisées en laboratoire à l'aide de sources d'étalonnage. Ces mesures permettront de comprendre la réponse d'un détecteur et de calibrer la simulation.

Ce travail constituera le point départ pour concevoir le détecteur final, définir les expériences futures et pour mettre en place les outils de simulation.

-
- [1] The STEREO collaboration, Nature 613, 257 (2023), https://irfu.cea.fr/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast.php?t=fait_marquant&id_ast=5083
- [2] A. Letourneau et al., Physical Review Letter 130, 021801 (2023), https://irfu.cea.fr/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast.php?t=fait_marquant&id_ast=5094

Mots clés

physique des neutrinos, détecteur bêta

Compétences

Transport des particules par simulation Monte Carlo avec Geant4. Mesures à l'aide de sources d'étalonnage et analyse à l'aide de ROOT.

Logiciels

Geant4, ROOT, C++

Simulation of a beta detector for studying reactor antineutrinos

Summary

We propose to study the different options for the construction of an electron detector that will be used to measure the beta spectra emitted by fission fragments. The work will be carried out by simulation using the Geant4 code, supplemented by laboratory measurements using a prototype and beta sources. These measurements will be used to validate the simulations.

Full description

Neutrinos are fascinating particles, some of whose properties still elude us despite years of research. Many advances, including their discovery, have been made possible by nuclear reactors, which produce large quantities of electron antineutrinos by beta decay of fission fragments. Recent reactor measurements show deviations of a few percent from the theory, which we need to understand. The latest measurements and theoretical studies carried out by our team [1,2] have rejected the existence of a new physics and point to a bias in the prediction that would be due to an experimental bias in the measurements of fission beta spectra on which it is based.

This internship is a continuation of the studies carried out to understand the origin of the anomalies. We plan to re-measure the fission beta spectra of major actinides, which were measured in the 1980s and serve as a reference for prediction. To do this, we want to develop a detector capable of measuring electrons over a wide energy range in the presence of a gamma-ray background. Scintillating plastic technology seems to be the most suitable and easiest to implement today, subject to a few optimizations.

Using the Geant4 simulation, we will study the performance of different detector options, in order to guide design choices. In particular, segmented options appear interesting for rejecting gamma background, but require more complicated implementation. In addition, validation measurements on a prototype will be carried out in the laboratory using calibration sources. These measurements will enable us to understand the response of a detector and to calibrate the simulation.

This work will be the starting point for designing the final detector, defining future experiments and setting up simulation tools.

[1] The STEREO collaboration, Nature 613, 257 (2023), https://irfu.cea.fr/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast.php?t=fait_marquant&id_ast=5083

[2] A. Letourneau et al., Physical Review Letter 130, 021801 (2023), https://irfu.cea.fr/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast.php?t=fait_marquant&id_ast=5094

Keywords

neutrino physics, beta measurement

Skills

Particle transport by Monte Carlo simulation with Geant4. Measurements using calibration sources and analysis with ROOT software.

Softwares

Geant4, ROOT, C++