

Développement d'une source de rayons gamma de haute énergie induits par captures neutron pour la calibration de scintillateurs et bolomètres.

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Ingenieur/Master

Unité d'accueil [DPhN/LEARN](#)

Candidature avant le 05/04/2021

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [LHULLIER David](#)

+33 1 69 08 94 97

david.lhuillier@cea.fr

Résumé

Le(a) stagiaire sera en charge de mettre au point, par simulation et tests sur site, une source de gammas de 5 à 7 MeV basée sur le blindage et la collimation d'une source de ^{252}Cf . Des applications directes dans les projets neutrinos en cours au DPhN sont attendues.

Sujet détaillé

La compréhension de la réponse en énergie d'un détecteur est un facteur déterminant de la précision finale d'une mesure. Ce stage a pour objectif de développer un outil de calibration produisant des raies gamma dans la gamme de 5 à 7 MeV, nettement au-dessus des sources usuellement disponibles. Cet outil s'inscrira dans le développement d'une méthode de calibration innovante des détecteurs dédiés à la recherche de la matière noire et de la diffusion cohérente des neutrinos. Le travail de stage se fera en deux temps : la production d'un faisceau de neutrons thermiques à partir d'une source de ^{252}Cf , la production et détection de gammas de haute énergie par capture de ces neutrons.

Les neutrons thermiques seront produits avec une source de neutrons de fission (^{252}Cf) et un ensemble modérateur/blindage à optimiser par le stagiaire. Cet ensemble servira à : 1/ Thermaliser les neutrons émis par le ^{252}Cf , c'est-à-dire réduire leur énergie initiale (de l'ordre du MeV) jusqu'à une énergie correspondant à l'agitation thermique du milieu ambiant (25 meV à 20°C). 2/ Absorber la majorité des rayons gamma prompts de fission afin de réduire le taux de comptage dans le détecteur que l'on veut calibrer. 3/ Conduire les neutrons thermalisés sur une cible métallique dédiée afin d'induire des captures qui produisent les gamma de haute énergie recherchés par désexcitation radiative.

Le(a) stagiaire aura en charge les études de simulation avec le logiciel GEANT4 permettant de définir la géométrie et les matériaux de l'ensemble modérateur/blindage à placer autour de la source de ^{252}Cf . Des tests de validation seront menés sur site avec la réalisation et la mise en place de la configuration définie par le stagiaire. La validation de l'émission de gamma de haute énergie et la détermination du niveau de bruit de fond seront effectués avec un détecteur germanium ou un scintillateur inorganique.

L'environnement software de la simulation existe déjà et ne requiert pas de compétence poussée en informatique. L'analyse des résultats de ces simulations sera faite avec le logiciel ROOT (<https://root.cern>) qui sera aussi utilisé pour l'analyse des mesures. L'étudiant(e) pourra être force de propositions, tester ses propres idées et il (elle) aura un aperçu complet d'un travail de développement expérimental.

A terme cet outil de calibration aura des applications directes sur plusieurs programmes expérimentaux du département, notamment en physique des neutrinos avec la calibration de liquide et plastiques scintillants à haute énergie ainsi que la calibration de bolomètres pour la diffusion cohérente de neutrinos sur les noyaux. Le stage se déroulera en étroite collaboration avec le département de physique des particules de Saclay et en lien avec les collaborations franco-allemandes des expériences STEREO et NUCLEUS.

Mots clés

neutronique, physique nucléaire, physique des particules

Compétences

Optimisation de transport neutrons Analyses statistiques Déconvolution de spectres gamma

Logiciels

Langage C++ Logiciels ROOT, GEANT4

Development of a source of high energy gamma rays induced by neutron capture for the calibration of scintillators and bolometers.

Summary

The student will be in charge of developing, through simulation and on-site testing, a 5 to 7 MeV gamma source based on the shielding and collimation of a ^{252}Cf source. Direct applications in ongoing neutrino projects at the DPhN are expected.

Full description

Understanding the energy response of a detector is crucial for the final accuracy of a measurement. The objective of this internship is to develop a calibration tool producing gamma lines in the range of 5 to 7 MeV, well above the commonly available sources. This tool will be part of the development of an innovative calibration method for future detectors dedicated to the search for dark matter and coherent neutrino scattering. The internship work will be done in two stages: the production of a beam of thermal neutrons from a ^{252}Cf source, the production and detection of high-energy gammas by capturing these neutrons.

The thermal neutrons will be produced with a fission neutron source (^{252}Cf) and a moderator/shielding assembly to be optimized by the student. This assembly will be used to : 1/ Thermalize the neutrons emitted by the ^{252}Cf , i.e. reduce their initial energy (of the order of MeV) to an energy corresponding to the ambient thermal agitation (25 meV at 20°C). 2/ Absorb the majority of the fission prompt gamma rays in order to reduce the counting rate in the detector to be calibrated. 3/ Conducting the thermalized neutrons on a dedicated metallic target in order to induce captures that produce the desired high-energy gamma rays by radiative de-excitation.

The(a) student will be in charge of the simulation studies with the GEANT4 software allowing to define the geometry and materials of the moderator/shielding assembly to be placed around the ^{252}Cf source. Validation tests can then be carried out on site with the realization and implementation of the simulated configuration. The validation of the high energy gamma emission and the determination of the background level will be carried out with a germanium detector or an inorganic scintillator.

The software environment for the simulation already exists and does not require advanced computer skills. The analysis of the results of these simulations will be done with the ROOT software (<https://root.cern>) which will also be used for the analysis of the measurements. The student will be able to propose and test his/her own ideas and will have a complete overview of experimental development work.

Eventually this calibration tool will have direct applications on several of the department's experimental programs, notably in neutrino physics with the calibration of liquid and plastic scintillators at high energy as well as the calibration of bolometers for the coherent diffusion of neutrinos on nuclei. The internship will take place in close collaboration with the Particle Physics Department of Saclay and in connection with the French-German collaborations of the STEREO and NUCLEUS experiments.

Keywords

neutron physics, nuclear physics, particle physics

Skills

Optimisation of neutron propagation Statistical analyses Unfolding of gamma spectra

Softwares

Langage C++ Logiciels ROOT, GEANT4