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

Saclay

Modélisation des spectres antineutrino de réacteur

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Ingenieur/Master

Unité d'accueil

Candidature avant le 30/06/2017

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact VIVIER Matthieu
+33 1 69 08 66 26
matthieu.vivier@cea.fr

Autre lien http://doublechooz.in2p3.fr/

Résumé

Les récentes mesures des flux d'antineutrinos de réacteurs publiées par les expériences dédiées à l'étude des oscillation de neutrinos sont en désaccord avec les modèles. L'objectif de ce stage est de tester l'hypothèse selon laquelle ce désaccord viendrait de la modélisation des branches beta, ingrédient nécessaire à la prédiction des flux d'antineutrino de réacteur.

Sujet détaillé

Les antineutrinos de réacteurs ont depuis leur découverte en 1956 joué un rôle prépondérant dans la compréhension des propriétés fondamentales du neutrino. Les neutrinos sont des particules élémentaires qui peuvent exister sous forme de trois saveurs, associées à l'électron, au muon et à la particule tau. Ils possèdent notamment la propriété de pouvoir changer de saveur au cours de leur propagation, phénomène confirmé en 1998 par les expériences SuperKamiokande et SNO, et connu sous le nom d'oscillation des neutrinos. Les centrales nucléaires utilisées pour la production d'électricité sont des sources intenses de neutrinos, et offrent un moyen très efficace de mesurer précisément la probabilité d'oscillation des neutrinos lorsque l'on place un ou plusieurs détecteurs à proximité. Pour les besoins de Double Chooz, expérience située dans les Ardennes sur la centrale nucléaire de Chooz, l'IRFU a procédé en 2011 à une réévaluation des spectres antineutrinos de réacteur. Les tout derniers spectres expérimentaux mesurés en 2016 par les expériences Daya Bay et Double Chooz, sont cependant en désaccord avec ces prédictions.
Les antineutrinos de réacteur sont émis par désintégration beta - des produits issus de la fission du combustible nucléaire (U235, U238, Pu239, Pu241). Le spectre antineutrino émis par un coeur de réacteur résulte ainsi de la superposition de milliers de branches beta. Pour expliquer le désaccord entre théorie et expérience, la communauté scientifique s'accorde à dire que certaines hypothèses faites dans la modélisation des spectres antineutrinos réacteurs sont incorrectes, notamment au niveau de la modélisation des branches beta.
L'objectif de ce stage sera ainsi de quantifier l'impact d'une modélisation raffinée du spectre antineutrino émis par une branche beta sur les prédictions des spectres antineutrinos de réacteur. Outre les corrections usuelles à la théorie de Fermi (effet de taille fini du noyau, correction d'échange et d'écrantage, correction radiatives…) qui peuvent changer

de quelques pour-cent le spectre neutrino d'une branche beta, l'effet des transitions interdites sur le spectre antineutrino total sera étudié et quantifié. Pour réaliser cette étude, l'étudiant aura à disposition un outil de modélisation des spectres beta écrit avec le logiciel Matlab.

Mots clés

Physique des particules; Physique nucléaire

Compétences

Programmation orientée objet

Logiciels

C++; Matlab

Reactor antineutrino spectrum modeling

Summary

The experimental reactor neutrino fluxes, such as those measured by experiments dedicated to study neutrino flavor oscillation, recently showed disagreement with respect to the state of the art predictions. The goal of the following internship is to test whether or not such a disagreement could originate from the modeling of single beta branch neutrino spectra.

Full description

Since their discovery in 1956, reactor neutrinos played an important role in unveiling and understanding the fundamental properties of the neutrino. Neutrinos are elementary particles which come in three flavors, each associated to the electron, muon, and tau particles. When propagating, neutrinos can especially change from one flavor to another, a phenomenon known as neutrino flavor oscillation, which was experimentally confirmed in 1998 by the SuperKamiokande and SNO experiments. Nuclear power plants are copious sources of antineutrinos, and are therefore interesting to precisely measure the neutrino oscillation probability with one or several dedicated detectors placed nearby. In 2011, the reactor neutrino group at IRFU reassessed the state of the art predictions of reactor antineutrino fluxes for the Double Chooz experiment, located at the Chooz nuclear power plant in northern France. Since then, this new reactor antineutrino flux modeling has been extensively used by experiments using reactor antineutrinos, such as Double Chooz. However, the latest experimental reactor antineutrinos spectra, as for example measured by the Daya Bay and Double Chooz experiments, turned out to be surprisingly different from the current predictions.
Reactor antineutrinos originate from beta - decay of the products initiated by the fission of nuclear fuel (U235, U238, Pu239, Pu241). The resulting antineutrino spectrum is therefore a superposition of thousands of beta branches. To explain the aforementioned disagreement between theory and experimental results, the scientific community agrees on the fact that several assumptions made for predicting antineutrino reactor fluxes are incorrect, especially those made for the modeling of a single beta branch neutrino spectrum. The goal of the following internship is to quantify the impact of a refined modeling of single beta branch neutrino spectra, so as to check the beta branch modeling argument for explaining such a disagreement. Further to the usual corrections applied to the Fermi theory of beta decay (such as nucleus finite size effect, screening and exchange corrections, or radiative corrections), which can change a single branch neutrino spectrum up to a few percents, the effect of forbidden transitions on the total antineutrino spectrum will be studied and quantified in details. For this purpose, a Matlab-written benchmarked tool for beta spectrum modeling and computation will be used.

Keywords

Particle physics; Nuclear Physics

Skills

Object oriented coding

Softwares

C++; Matlab