

Première mesure de la résonance pygmée par diffusion inélastique de neutrons. Préparation de l'expérience.

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhN/LENA](#)

Candidature avant le 01/06/2022

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [VANDEBROUCK Marine](#)
+33 1 69 08 73 87
marine.vandebrouck@cea.fr

Résumé

Nous proposons d'étudier la résonance pygmée, mode de vibration du noyau qui correspond à l'oscillation d'une peau de neutrons, en utilisant une approche innovante : la diffusion inélastique de neutrons. L'objectif du stage est de préparer l'expérience qui aura lieu à l'automne 2022.

Sujet détaillé

La résonance géante dipolaire, qui correspond à l'oscillation en opposition de phase des protons et neutrons, est un mode de vibration bien connu du noyau situé entre 12 et 24 MeV d'énergie d'excitation. Dans les noyaux riches en neutrons, une résonance dipolaire additionnelle a été observée proche du seuil d'émission neutron. Cette petite structure, en comparaison de la résonance géante dipolaire, est communément appelée résonance dipolaire pygmée (PDR) et est décrite comme l'oscillation d'une peau de neutrons contre un cœur symétrique en nombre de protons et de neutrons. La PDR a été le sujet de nombreuses études à la fois expérimentales et théoriques [Sav13, Bra19]. En effet, l'étude de la PDR a suscité et suscite toujours beaucoup d'intérêt puisqu'elle permet de contraindre l'énergie de symétrie, un ingrédient important de l'équation d'état de la matière nucléaire [Car10] qui décrit la matière au sein des étoiles à neutrons. De plus, la présence d'une résonance dipolaire proche du seuil d'émission neutron est prédite comme pouvant jouer un rôle clé dans le processus-r (processus qui pourrait expliquer la synthèse des noyaux lourds) via l'augmentation du taux de capture neutronique [Gor04].

Cependant, malgré de nombreux résultats expérimentaux, une description cohérente de la PDR n'a pas pu être extraite [Sav13, Bra19]. Dans ce contexte, nous proposons d'aller étudier la PDR en utilisant une nouvelle méthode expérimentale : la diffusion inélastique de neutrons. Cette nouvelle sonde, élémentaire car composée d'un seul nucléon, non soumise à l'interaction coulombienne car neutre, est une approche originale qui apportera un regard neuf sur la nature de la PDR. Dans le cadre d'une collaboration internationale menée par l'Irfu/DPhN et l'IJCLab, une expérience visant à étudier la résonance pygmée dans le ^{140}Ce a récemment été acceptée au GANIL-SPIRAL2 sur NFS (Neutrons For Science) [Led21] et sera programmée à l'automne 2022. Le dispositif expérimental sera constitué des multi-détecteurs de nouvelle génération PARIS pour la détection des gammas issus de la désexcitation de la PDR

et MONSTER pour la détection des neutrons diffusés. Il s'agira de la première expérience de structure nucléaire auprès du nouvel accélérateur SPIRAL2.

L'objectif de ce stage est la préparation de cette expérience qui fait également l'objet du sujet de thèse associé à ce stage « Première mesure de la résonance pygmée par diffusion inélastique de neutrons ». En effet, dans le cadre de cette proposition d'expérience, un temps de faisceau test nous a été accordé en décembre 2021 pour anticiper le réglage de certains paramètres de l'expérience. Pendant le stage, l'étudiant pourra donc poursuivre l'analyse des données du test. Le stagiaire pourra ainsi se familiariser avec l'analyse de données et les techniques expérimentales qui seront, par la suite, utilisées pendant la thèse de doctorat.

[Bra19] A. Bracco et al. Prog. Part. Nucl. Phys. 106 (2019)

[Car10] A. Carbone et al. Phys. Rev. C 81(R) (2010)

[Gor14] S. Goriely et al. Nucl. Phys. A 739 (2004)

[Led21] X. Ledoux et al. EPJA 57 (2021)

[Sav13] D. Savran et al. Prog. Part. Nucl. Phys. 70 (2013)

Mots clés

Structure nucléaire – Mode de vibration du noyau – Détection neutrons et gammas.

Compétences

Logiciels

C++, ROOT

First measurement of the pygmy resonance using neutron inelastic scattering.

Preparation of the experiment.

Summary

We propose to study the pygmy resonance, a vibration excitation of the nucleus that corresponds to the oscillation of a neutron skin, using an innovative approach: the neutron inelastic scattering reaction. The objective of the internship is to prepare the experiment that will be performed in fall 2022.

Full description

The well-known giant dipole resonance, which corresponds to the oscillation of the neutron fluid against the proton fluid, is a broad resonance with a mean energy between 12 and 24 MeV. An additional dipole resonance has been observed at lower energy in neutron-rich nuclei, near the neutron separation threshold. This small-size structure, in comparison to the giant dipole resonance, is commonly known as the pygmy dipole resonance (PDR) and can be described as the oscillation of a neutron skin against a symmetric proton/neutron core. The PDR has been the subject of numerous studies, both experimental and theoretical [Sav13, Bra19]. Indeed, the study of the PDR has raised a lot of interest since it can constrain the symmetry energy, an important ingredient of the equation of state [Car10] which describes the matter in neutron stars. In addition, the enhancement of the dipole strength close to the neutron separation energy is expected to impact the astrophysical r-process (process that could explain the synthesis of heavy nuclei) by increasing the neutron capture rates [Gor04].

However, despite many experimental results, a consistent description of the PDR could not be extracted [Sav13, Bra19]. In this context, we propose to study the PDR using a new experimental method: the neutron inelastic scattering. This new probe which is elementary from a nucleonic point of view and neutral, thus not influenced by the Coulomb interaction, is an original approach that will provide a new perspective on the nature of the PDR. In the framework of an international collaboration led by Ifnu/DPhN and IJCLab, an experiment to study the pygmy resonance in ^{140}Ce has recently been accepted at GANIL-SPIRAL2 on NFS (Neutrons For Science) [Led21] and will be scheduled in fall 2022. The experimental set-up will consist of the new generation multi-detectors PARIS for the detection of gammas coming from the PDR de-excitation and MONSTER for the detection of scattered neutrons. This will be the first nuclear structure experiment with the new SPIRAL2 accelerator.

The objective of this internship is the preparation of this experiment which is also the subject of the thesis associated with this internship "First measurement of the pygmy resonance using neutron inelastic scattering". Indeed, within the framework of this experiment proposal, a test beam time has been granted to us in December 2021 to anticipate the tuning of some parameters of the experiment. During the internship, the student will therefore be able to continue the analysis of the test data. This will allow him/her to become familiar with the data analysis and experimental techniques that will later be used during the PhD thesis.

[Bra19] A. Bracco et al. Prog. Part. Nucl. Phys. 106 (2019)
[Car10] A. Carbone et al. Phys. Rev. C 81(R) (2010)
[Gor14] S. Goriely et al. Nucl. Phys. A 739 (2004)
[Led21] X. Ledoux et al. EPJA 57 (2021)
[Sav13] D. Savran et al. Prog. Part. Nucl. Phys. 70 (2013)

Keywords

Nuclear structure – Vibration excitations of the nucleus – Neutron and gamma detection.

Skills

Softwares

C++, ROOT