

С высокой точностью определена вероятность нейтронного распада ряда ядер в средней области масс

Ученые из Объединенного института ядерных исследований совместно с коллегами из Института ядерной физики в Орсе (Франция) разработали уникальный детектор нейтронов, благодаря которому была точно определена вероятность нейтронного распада ядер у границы нейтронной стабильности.

Нейтронный распад — это вынужденное изменение состава или внутреннего строения нестабильных ядер атомов. Распад происходит путем испускания нейтронов — частиц, которые не имеют заряда. В ходе работы ученые смогли с высокой точностью определить вероятность нейтронного распада ядер с большим количеством нейтронов (нейтронно-избыточных) в районе нейтронной оболочки с $N = 50$. Исследовались ядра, заполненные нейтронами, число которых превышает $N = 50$. Удалось сделать выводы о необычных свойствах ядер в этой области протонов и

Yu. E. Penionzhkevich

The Probability of Neutron Decay of Nuclei in the Medium-Mass Region Is Measured with High Accuracy

Scientists from the Joint Institute for Nuclear Research together with colleagues from the Institute of Nuclear Physics in Orsay (France) developed a unique neutron detector. It allowed highly accurate measurements of the probability of beta-delayed neutron decay of nuclei located far from the beta valley.

Neutron decay is a forced change in the internal structure of unstable nuclei of atoms. Disintegration occurs by the emission of neutrons — particles that do not have a charge. In the reported experiments, the scientists were able to determine with high precision the probability of neutron decay of nuclei with a large number of neutrons (neutron-rich) in the region of the neutron $N = 50$ closed shell. In the

нейтронов: о новых видах деформации, сосуществовании двух и более видов деформации для одного и того же ядра, о появлении новых магических чисел и их влиянии на вероятность распада таких ядер.

В рамках этого проекта в Дубне был создан уникальный прибор для регистрации нейтронов с высокой эффективностью — нейтронный детектор полной геометрии TETRA, чрезвычайно эффективная установка, предназначенная для изучения распада нейтронно-избыточных ядер. Детектор был установлен на отводе для изучения радиоактивных ядер, получаемых на ускорительном комплексе ALTO в Орсе (Франция).

Из-за отсутствия электрического заряда нейтроны не вызывают ионизацию вещества — т.е. не производят никакого следа из ионизированных и возбужденных частиц, являющихся «сигналом» для большинства детекторов. Разработанная уникальная установка использует специальный «конвертер» — газ ^3He . Заряженные частицы образуются в результате ядерной реакции взаимодействия нейтронов и ^3He . Эти вторичные частицы и вызывают ионизацию, которая может быть зарегистрирована детектором.

Полученные результаты имеют важные приложения для других близких областей науки. Они позво-



Нейтронный детектор
4 π -геометрии TETRA
на основе ^3He -счетчиков

Full geometry (4 π) neutron
array TETRA based
on ^3He counters

focus of the researcher were nuclei in which the number of neutrons exceeds 50. It has been possible to draw conclusions about the unusual properties of nuclei in this region of proton and neutron numbers: new types of deformation, the coexistence of two or more types of deformation for the same nucleus, the appearance of new magic numbers and their influence on the decay probability of such nuclei.

Within the framework of this project, a unique tool for neutron detection array with a high efficiency was created in Dubna — the neutron detector of full geometry TETRA, an extremely powerful device designed to study the decay of neutron-rich nuclei. The detector was installed on a beam of radioactive nuclei of the ALTO accelerator complex in Orsay, France. The facility offers

a wide range of neutron-rich nuclei in the mass range $50 \leq A \leq 100$.

Due to the fact that a neutron does not carry any electric charge, a neutron itself does not produce ionization — traces of ionized and excited charged particles which can be seen by a detector. Therefore, the neutron array built contained a special “converter” — ^3He gas; charged particles are produced due to the process of the nuclear reaction of a neutron with the gas. These secondary particles can produce ionization and thus be “visible” in the detector. To enhance the probability for the nuclear reaction to take place, the detector is placed inside a polyethylene moderator to slow down neutrons.

The results obtained are important not only for nuclear physics but also for the related scientific fields. The

ляют определить вероятности образования элементов, количество протонов в атомном ядре которых варьируется от 10 до 70. Эта характеристика распада используется при расчетах процесса нуклеосинтеза — образования ядер химических элементов тяжелее водорода в ходе реакции ядерного синтеза — в астрофизике. Созданный нейтронный детектор может быть также использован для исследований нейтронного распада в различных ядерных процессах, в том числе при делении тяжелых ядер в ядерной энергетике.

Работа проходила в рамках проекта, поддерживаемого Российским научным фондом (<http://xn--mlafn.xn--plai/prjcard?rid=17-12-01170>), в сотрудничестве с учеными из Страсбургского университета, Института ядерной физики (Орсе, Франция), Манчестерского университета (Великобритания) и ЦЕРН. Результаты опубликованы в журнале «Physical Review C» (<https://journals.aps.org/prc/abstract/10.1103/PhysRevC.95.054320>).

data measured makes it possible to determine the probability of formation of elements, whose nuclei contain between ten and a few tens of protons. This decay characteristic is used in astrophysical calculations of the nucleosynthesis process — the formation of nuclei of chemical elements heavier than hydrogen during the nuclear fusion reaction. The created neutron array can also be used to study neutron decay in various nuclear processes, including the fission of heavy nuclei for the nuclear power industry.

The work was carried out within the framework of a project supported by the Russian Science Foundation (<http://xn--mlafn.xn--plai/prjcard?rid=17-12-01170>) in collaboration with scientists from Strasbourg University, the Institute of Nuclear Physics (Orsay, France), Manchester University (UK) and CERN. The results were published in the “Physical Review C” (<https://journals.aps.org/prc/abstract/10.1103/PhysRevC.95.054320>).