

*Д. В. Наумов*

## Игра в прятки: стерильные нейтрино остаются неуловимыми

Коллаборация «Daya Bay» — международная группа ученых, изучающих превращения нейтрино, публикует свой первый результат по поиску так называемых стерильных нейтрино — возможного нового типа нейтрино за пределами известных трех нейтринных «ароматов». Существование неуловимых частиц, если его доказать, глубоко повлияет на наше понимание Вселенной, а также на планирование будущих нейтринных экспериментов.

Эксперимент проводится вблизи атомных электростанций «Daya Bay» и «Ling Ao» в Китае, в 55 километрах к северо-востоку от Гонконга. Эти реакторы создают стабильный поток антинейтрино, который ученые коллаборации «Daya Bay» используют для исследований при помощи детекторов, расположенных в

трех экспериментальных залах на различных расстояниях (от 360 м до 1,8 км) от реакторов. В коллаборацию входит более 200 ученых из шести стран.

Эксперимент «Daya Bay» начал работу 24 декабря 2011 г. Вскоре после этого коллаборация опубликовала свой первый результат: наблюдение нового типа осцилляций — доказательство того, что частицы смешиваются и меняют свой тип, и высокоточное измерение нейтринного «угла смешивания»  $\theta_{13}$ , что является окончательным подтверждением существования смешивания как минимум трех массовых состояний нейтрино [1–3].

Факт, что нейтрино вообще имеют массу, — относительно новое открытие, как и наблюдение «Daya Bay» того, что электронное нейтрино — это смесь по крайней мере трех массовых состояний. Пока ученые

*D. V. Naumov*

## Hide & Seek: Sterile Neutrinos Remain Elusive

The Daya Bay Collaboration, an international group of scientists studying the subtle transformations of subatomic particles called neutrinos, is publishing its first results on the search for a so-called sterile neutrino, a possible new type of neutrino beyond the three known neutrino “flavors,” or types. The existence of this elusive particle, if proven, would have a profound impact on our understanding of the universe, and could impact the design of future neutrino experiments.

The Daya Bay Experiment is situated close to the Daya Bay and Ling Ao nuclear power plants in China, 55 kilometers northeast of Hong Kong. These reactors produce a steady flux of antineutrinos that the Daya Bay Collaboration scientists use for research at detectors located at varying distances from the reactors. The collaboration includes more than 200 scientists from six regions and countries.

The Daya Bay experiment began its operation on 24 December 2011. Soon after, in March 2012, the collaboration announced its first results: the observation of a new type of neutrino oscillation — evidence that these particles mix and change flavors from one type to others — and a

precise determination of a neutrino “mixing angle,” called  $\theta_{13}$ , which is a definitive measure of the mixing of at least three mass states of neutrinos [1–3].

The fact that neutrinos have mass at all is a relatively new discovery, as is the observation at Daya Bay that the electron neutrino is a mixture of at least three mass states. And while scientists don’t know the exact values of the neutrino masses, they do know that these particles are dramatically less massive than the well-known electron, a member of the same particle family.

These unexpected observations have led to the possibility that the electrically neutral, almost undetectable neutrino could be a special type of matter and a very important component of the mass of the universe. Given that the nature of matter and in particular the property of mass is one of the fundamental questions in science, these new revelations about the neutrino make it clear that it is important to search for other light neutral particles that might be partners of the active neutrinos, and may contribute to the dark matter of the universe.

не получили точных значений масс нейтрино, но они знают, что эти частицы куда менее массивны, чем хорошо известный электрон, член того же семейства частиц.

Эти неожиданные наблюдения привели к предположению, что электрически нейтральные, практически необнаружимые нейтрино могут быть особым видом материи и очень важной частью массы Вселенной. С учетом того, что природа материи вообще и существование массы в частности — один из фундаментальных вопросов в науке, новые откровения о природе нейтрино ясно дают понять важность поиска других легких нейтральных частиц, которые могут быть партнерами активных нейтрино и давать вклад в темную материю.

Первый поиск стерильных нейтрино в эксперименте был проведен на основе энергетического спектра детектированных реакторных электронных антинейтрино. В пределах исследуемого диапазона масс признаков существования четвертого массового состояния нейтрино обнаружено не было [4].

Поиск стерильных нейтрино проводился тремя независимыми группами, одна из которых — группа физиков из Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований (И. В. Буторов,

М. О. Гончар, Д. В. Наумов), разработавшая собственное программное обеспечение и методы анализа данных эксперимента «Daya Bay» и активно участвовавшая как в анализе данных, так и в написании статьи от коллаборации. Интенсивная и дружная работа велась больше года. В итоге результаты всех трех групп оказались в хорошем согласии друг с другом.

Результат эксперимента «Daya Bay» — лучший мировой предел на параметры стерильных нейтрино в широком диапазоне масс, таким образом, находится в согласии с существующей картиной трехнейтринных осцилляций. Проверка существования стерильных нейтрино и определение их параметров является одной из важнейших задач физики нейтрино, на решение которой сегодня нацелено большое количество экспериментов. Новый результат эксперимента «Daya Bay» позволяет значительно сократить неисследованную область.

#### Список литературы / References

1. *Daya Bay Collab. (An F. P. et al.)*. Spectral Measurement of Electron Antineutrino Oscillation Amplitude and Frequency at Daya Bay // *Phys. Rev. Lett.* 2014. V. 112. P. 061801; arXiv:1310.6732.
2. *Daya Bay Collab. (An F. P. et al.)*. Improved Measurement of Electron Antineutrino Disappearance at Daya Bay // *Chin. Phys. C*. 2013. V. 37. P. 011001; arXiv:1210.6327.
3. *Daya Bay Collab. (An F. P. et al.)*. Observation of Electron-Antineutrino Disappearance at Daya Bay // *Phys. Rev. Lett.* 2012. V. 108. P. 171803; arXiv:1203.1669.
4. *Daya Bay Collab. (An F. P. et al.)*. Search for a Light Sterile Neutrino at Daya Bay // *Phys. Rev. Lett.* 2014. V. 113. P. 141802; arXiv:1407.7259.

The first search for sterile neutrinos was performed in the experiment on the basis of the energy spectrum of detected reactor electron antineutrinos. But no evidence for the existence of the fourth mass neutrino state was obtained within the mass range under study [4].

The search was conducted by three independent groups. One of them is a group of physicists from the Dzhelapov Laboratory of Nuclear Problems of the Joint Institute for Nuclear Research (the “sterile” group included I. Butorov, M. Gonchar, and D. Naumov). The scientists in the group developed their own software and methods of data analysis of the Daya Bay experiment, and took an active part in the data analysis and the preparation of the paper of the collaboration. For over a year the joint work was very active. As a result, the findings of all the three groups turned out to be in good agreement.

Thus, the result of the Daya Bay experiment, the best world’s limit on sterile neutrino parameters in a wide range of masses, is in the agreement with the existing standard three-flavor picture of neutrino oscillations. It is one of the most important tasks in neutrino physics to check the existence of sterile neutrinos and determine their parameters. A big number of experiments are aimed at solving this task. The new result of the Daya Bay experiment considerably narrows down the unexplored region.