

## Нейтрино могут взаимодействовать сами с собой: новые модели меняют понимание гибели звёзд

Дата публикации: 25.07.2025

Нейтрино остаются одними из самых таинственных частиц в современной физике. Почти не имея массы и крайне слабо взаимодействуя с веществом, они, тем не менее, играют фундаментальную роль в процессах, определяющих эволюцию и смерть звёзд. Несмотря на десятилетия наблюдений и экспериментов, природа этих частиц до конца не раскрыта: в частности, остаётся открытым вопрос, действительно ли нейтрино полностью подчиняются законам Стандартной модели или же в их поведении скрываются неучтённые взаимодействия.

Исследователи из Сети по нейтрино, ядерной астрофизике и симметрии (N3AS), включая учёных из Калифорнийского университета в Сан-Диего, предложили теоретическую модель, в которой коллапс массивных звёзд может раскрыть уникальные свойства нейтрино. Они показали, что именно в этих экстремальных условиях, предшествующих взрыву сверхновой или рождению чёрной дыры, можно выявить так называемые «секретные» взаимодействия — поведение нейтрино, выходящее за рамки известных законов физики.

На финальной стадии жизни звезды нейтрино активно уносят энергию, способствуя сжатию ядра. Когда плотность достигает критического уровня, нейтрино перестают свободно выходить наружу и начинают сталкиваться между собой. Если взаимодействия нейтрино ограничиваются Стандартной моделью, большая часть частиц сохраняет электронный аромат, а энергия системы остаётся сравнительно низкой. Это создаёт условия для образования нейтронной звезды — плотного остатка после взрыва сверхновой.

Однако если нейтрино обладают способностью самопреобразования между различными ароматами — электронным, мюонным и тау — это может привести к кардинально иному сценарию. Быстрая конверсия ароматов вызывает рост температуры, распад ядерного вещества и резкое увеличение числа нейтронов. Такое сверхплотное и горячее ядро может не выдержать гравитационного давления и коллапсировать напрямую в чёрную дыру, минуя фазу сверхновой.

Эти гипотезы могут быть проверены в ходе будущих экспериментов, включая проект DUNE — масштабную установку по обнаружению нейтрино, строящуюся в Национальной ускорительной лаборатории имени Ферми. Кроме того, новые данные от астрономических обсерваторий, регистрирующих нейтрино и гравитационные волны от коллапсирующих звёзд, могут подтвердить или

опровергнуть существование этих скрытых взаимодействий.

Если нейтрино действительно взаимодействуют между собой вне рамок Стандартной модели, это открывает целый класс новых физических процессов и может пролить свет на загадки ранней Вселенной, природы тёмной материи и условий, при которых звёзды заканчивают свою жизнь не одинаково. Одни — вспышкой сверхновой, другие — исчезновением в сингулярности чёрной дыры.

Понимание таких тонкостей не только меняет теоретические представления о нейтрино, но и расширяет горизонты астрофизики, указывая на то, что в самых мощных катастрофах Вселенной может скрываться ключ к самым утончённым тайнам материи.

**Ссылка:** «Несохранение лептонных чисел в секторе нейтрино может изменить перспективы взрывов сверхновых с коллапсом ядра» DOI: [10.1103/gnp5-4y8k](https://doi.org/10.1103/gnp5-4y8k).