

Ученые сделали шаг к решению столетней загадки происхождения альфа-частиц

Дата публикации: 06.06.2026

Одним из самых известных и одновременно самых загадочных процессов в ядерной физике остается альфа-распад. Несмотря на то что это явление было открыто более века назад и стало основой для понимания радиоактивности, ученые до сих пор не могут полностью объяснить, каким образом внутри атомного ядра формируется альфа-частица непосредственно перед своим вылетом наружу.

Теперь международная группа физиков получила новые данные, которые могут приблизить решение этой давней научной проблемы. Исследователи выполнили уникальные измерения характеристик чрезвычайно редкого изотопа теллура-104 и обнаружили признаки необычайно эффективного формирования альфа-частиц внутри его ядра. Результаты работы опубликованы в журнале Nature и уже привлекли внимание специалистов по ядерной структуре во всем мире.

Альфа-распад представляет собой один из фундаментальных видов радиоактивного распада. Во время этого процесса из ядра атома вылетает альфа-частица — компактная система, состоящая из двух протонов и двух нейтронов. По сути, такая частица является ядром атома гелия.

Сам факт существования альфа-распада давно объясняется квантовой механикой. После образования альфа-частица способна покинуть ядро благодаря эффекту квантового туннелирования. Она буквально проходит через энергетический барьер, который согласно классической физике преодолеть невозможно.

Однако главный вопрос заключается не в самом вылете частицы, а в том, как она появляется внутри ядра.

Современные модели показывают, что протоны и нейтроны обычно распределены внутри тяжелых ядер достаточно равномерно. Тем не менее в определенный момент четыре нуклона каким-то образом объединяются в компактную структуру, образуя будущую альфа-частицу. Этот процесс получил название преформации альфа-кластера и считается одной из важнейших нерешенных задач ядерной физики.

Еще в середине XX века теоретики предположили, что изотоп теллура-104 может стать идеальной лабораторией для изучения этого явления. Согласно

расчетам, именно в этом ядре вероятность образования альфа-кластера должна быть необычайно высокой.

Проблема заключалась в том, что проверить такую гипотезу на практике долгое время было невозможно. Теллур-104 не встречается в природе и существует лишь ничтожную долю секунды. Его период полураспада настолько мал, что измерение характеристик распада требует оборудования, находящегося на грани современных технологических возможностей.

Для проведения эксперимента исследователи использовали уникальный комплекс радиоактивных изотопных пучков RIBF в японском научном центре RIKEN. Эта установка считается одной из самых мощных в мире для изучения экзотических атомных ядер.

Ученые ускоряли ядра ксенона-124 до огромных скоростей и направляли их на бериллиевую мишень. В результате столкновений возникали редкие фрагменты ксенона-108, которые затем распадались с образованием теллура-104. Далее исследователи отслеживали всю цепочку превращений вплоть до появления олова-100.

Особую ценность эксперименту придавало то, что удалось одновременно измерить как энергию распада, так и время жизни теллура-104 с беспрецедентной точностью.

Результаты оказались впечатляющими. Было установлено, что период полураспада теллура-104 составляет всего около 7,2 наносекунды. Это делает его самым короткоживущим из известных ядер, испускающих альфа-частицы.

Для сравнения, одна наносекунда составляет миллиардную долю секунды. За это время свет проходит всего около 30 сантиметров. Таким образом, теллур-104 существует настолько недолго, что его изучение требует сверхбыстрой электронной аппаратуры и сложнейших методов регистрации.

Но главным открытием стало не рекордно короткое время жизни, а чрезвычайно высокая вероятность формирования альфа-кластера внутри ядра.

Расчеты показали, что вероятность преформации альфа-частицы в теллуре-104 значительно превосходит показатели большинства известных радиоактивных ядер. По словам исследователей, этот результат оказался даже выше прогнозов, основанных на предыдущих экспериментальных данных.

Физики считают, что причина может быть связана с особенностями дочернего ядра, которое образуется после распада. Речь идет об изотопе олова-100 — одном из самых известных так называемых дважды магических

ядер.

В ядерной физике магическими называют ядра с полностью заполненными оболочками протонов или нейтронов. Такие конфигурации отличаются повышенной стабильностью. Если заполнены обе оболочки одновременно, ядро получает статус дважды магического и становится особенно устойчивым.

Олово-100 относится именно к этой редкой категории. Его исключительная стабильность может создавать благоприятные условия для образования альфа-частицы внутри материнского ядра теллура-104.

Некоторые теоретические модели, появившиеся еще более полувека назад, даже рассматривали теллур-104 как своеобразную ядерную систему, напоминающую молекулу из дважды магического олова-100 и уже сформированной альфа-частицы. Новые данные впервые предоставили серьезные экспериментальные аргументы в пользу подобных представлений.

Открытие важно не только для понимания одного конкретного изотопа. Альфа-распад играет ключевую роль в поведении сотен радиоактивных ядер, включая многие тяжелые элементы периодической таблицы. Именно через альфа-распад проходят многочисленные цепочки превращений урана, тория, радия, полония и сверхтяжелых элементов.

Более точное понимание механизма образования альфа-частиц позволит улучшить модели ядерной структуры, повысить точность прогнозов для нестабильных изотопов и глубже понять процессы, происходящие внутри атомных ядер.

Полученные результаты также могут оказаться полезными для астрофизики. Многие тяжелые элементы Вселенной формируются в экстремальных условиях взрывов сверхновых и столкновений нейтронных звезд. Для описания этих процессов используются те же ядерные модели, которые учитывают механизмы радиоактивного распада.

Сегодня исследователи рассматривают теллур-104 как уникальный объект, способный пролить свет на фундаментальные закономерности строения материи. Хотя загадка происхождения альфа-частиц пока не решена окончательно, новые измерения впервые предоставили убедительные экспериментальные доказательства того, что в некоторых ядрах процесс формирования альфа-кластера может происходить значительно эффективнее, чем предполагалось ранее.

Спустя более ста лет после открытия радиоактивности физики продолжают находить новые детали в одном из самых известных процессов природы. И,

возможно, именно крошечное ядро теллура-104 поможет окончательно понять механизм рождения альфа-частиц, который десятилетиями оставался одной из самых интригующих загадок ядерной физики.

Ссылка: «Прямое наблюдение сверхразрешенного α -распада ^{104}Te » DOI: [10.1038/s41586-026-10581-w](https://doi.org/10.1038/s41586-026-10581-w).