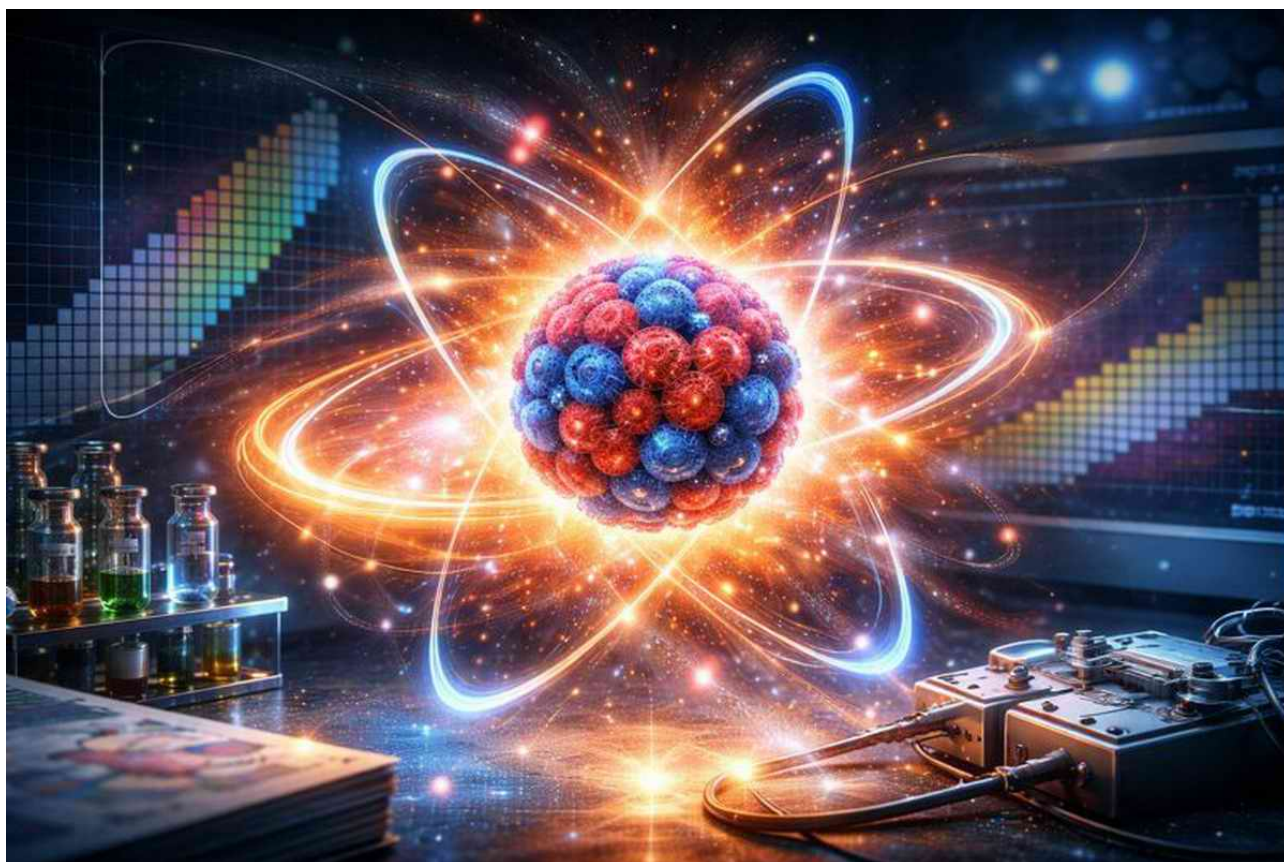


Симметрия нарушена: физики нашли новый «остров инверсии» в ядрах атомов



Дата публикации: 06.01.2026

В ядерной физике существует устоявшееся представление о так называемых магических числах — определённых количествах протонов или нейтронов, при которых атомные ядра приобретают повышенную устойчивость и, как правило, сохраняют почти идеальную сферическую форму. Эти числа десятилетиями служили фундаментом для моделей ядерной структуры. Однако в некоторых экзотических областях ядерной диаграммы ученые обнаружили исключения, получившие название «острова инверсии», где привычный порядок рушится, магические числа перестают работать, а ядра неожиданно деформируются.

Долгое время считалось, что такие острова возможны лишь в ядрах с сильным избытком нейтронов. Классические примеры включали бериллий-12, магний-32 и хром-64 — крайне нестабильные системы, далекие от симметричных и привычных для природы конфигураций. Именно поэтому новое открытие стало настоящим сюрпризом: физики впервые обнаружили «остров инверсии» в ядрах, где число протонов и нейтронов почти одинаково.

Исследование было выполнено международной командой при участии Институт фундаментальных наук, Падуанского университета, Страсбургского университета и Мичиганский государственный университет. В центре внимания оказались изотопы молибдена Mo-84 и Mo-86, расположенные вблизи линии $N = Z$, которая считается одной из самых информативных и одновременно самых труднодоступных областей ядерной диаграммы. Получение таких ядер требует сложных экспериментов с редкими изотопами и высокоточной регистрацией излучения.

В ходе эксперимента ученые создали быстрые пучки ядер Mo-86, полученных при фрагментации Mo-92 на бериллиевой мишени. Затем эти ядра сталкивались со второй мишенью, где часть из них переходила в возбужденные состояния, а часть превращалась в Mo-84. При возвращении в основное состояние ядра испускали гамма-кванты, несущие информацию об их внутренней структуре и динамике.

Регистрация излучения проводилась с помощью системы GRETINA и высокоточного плунжерного прибора TRIPLEX, что позволило измерять времена жизни возбужденных состояний с точностью до пикосекунд. Эти данные были сопоставлены с моделированием методом Монте-Карло с использованием пакета GEANT4, что дало возможность количественно оценить степень деформации ядер.

Результаты оказались неожиданными. Несмотря на различие всего в два нейтрона, Mo-84 и Mo-86 продемонстрировали принципиально разное поведение. Mo-86 соответствовал традиционным ожиданиям, показывая умеренные коллективные эффекты и относительно слабую деформацию. Mo-84, напротив, проявил исключительно сильную коллективность, что указывает на масштабную перестройку ядерной структуры.

Физики интерпретируют это как реализацию экстремального частично-дырочного возбуждения, при котором одновременно вовлечены как протоны, так и нейтроны. В случае Mo-84 речь идет фактически о конфигурации 8 частиц – 8 дырок, где большое число нуклонов перескакивает через энергетические щели оболочек. Такая согласованная перестройка приводит к сильной деформации ядра и разрушению привычных магических чисел.

Ключевым фактором оказалась протон-нейтронная симметрия при $N = Z = 42$ и сужение оболочечной щели вблизи $N = Z = 40$. Эти условия делают коллективные возбуждения энергетически выгодными и открывают путь к формированию нового, ранее неизвестного «острова инверсии». Теоретические расчеты показали, что воспроизвести наблюдаемую структуру невозможно без учета трехнуклонных сил — взаимодействий, в которых одновременно участвуют

три нуклона. Модели, основанные лишь на парных взаимодействиях, оказываются недостаточными.

Таким образом, впервые был обнаружен изоспин-симметричный остров инверсии, существующий не на периферии ядерной диаграммы, а в ее, казалось бы, наиболее упорядоченной области. Это открытие существенно расширяет представления о том, где и при каких условиях может нарушаться ядерный порядок, и указывает на гораздо более сложную роль фундаментальных ядерных сил, чем предполагалось ранее.

Научные последствия работы выходят за рамки описания одного конкретного изотопа. Понимание механизмов инверсии важно для построения универсальных моделей атомных ядер, описания процессов нуклеосинтеза и прогнозирования свойств экзотических элементов. Новый «остров» показывает, что даже в симметричных ядрах природа способна скрывать неожиданные режимы поведения, заставляя пересматривать базовые принципы ядерной структуры.

Ссылка: «Резкий структурный переход в экзотических изотопах молибдена открывает изоспино-симметричный остров инверсии» [DOI: 10.1038/s41467-025-65621-2](https://doi.org/10.1038/s41467-025-65621-2).