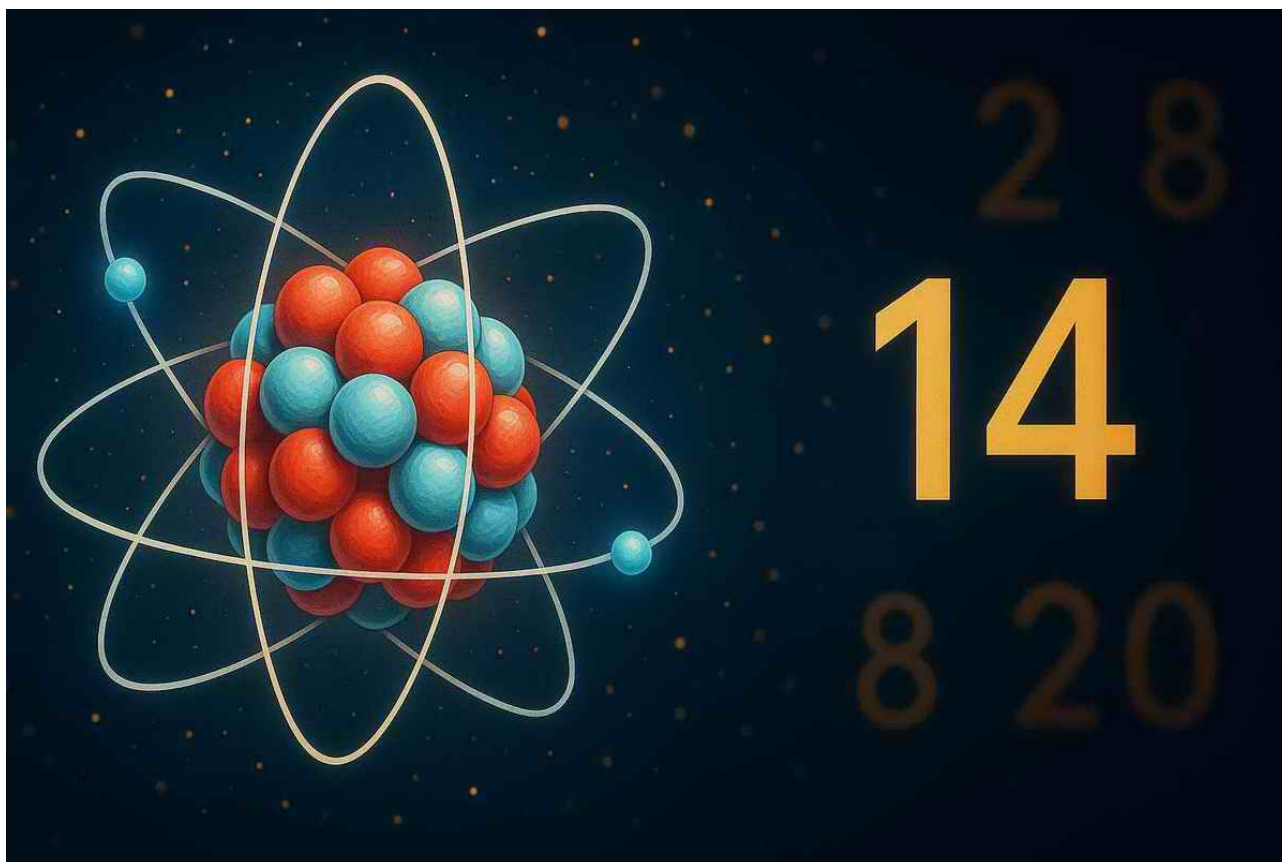


Новое магическое число протонов: кремний-22 раскрывает тайны нестабильных ядер



Дата публикации: 17.07.2025

Новое исследование, проведённое китайскими учёными из Института современной физики при Академии наук КНР, может радикально изменить существующие представления о структуре атомных ядер. Впервые была точно измерена масса крайне нестабильного изотопа кремния-22, и эти данные позволили подтвердить: число протонов 14 в этом изотопе ведёт себя как «магическое» — то есть формирует замкнутую оболочку, повышающую стабильность ядра. Это открытие стало значимым вкладом в ядерную физику, так как указывает на новое магическое число среди протонов, ранее не подтверждённое экспериментально.

Понятие магических чисел в ядерной физике связано с устойчивостью атомных ядер. Когда число протонов или нейтронов в ядре достигает определённых значений — таких как 2, 8, 20, 28, 50, 82 или 126 — структура ядра становится особенно стабильной. Эти числа были объяснены оболочечной моделью, разработанной Марией Гёпперт-Майер и Йохансом Йенсенем, за что они получили Нобелевскую премию по физике в 1963 году. Однако большинство

магических чисел было выявлено на примере стабильных или относительно устойчивых изотопов. В экстремальных условиях, при больших дефицитах нейтронов или протонов, возможно появление новых, ранее неизвестных магических конфигураций.

Именно такую ситуацию продемонстрировал кремний-22 — один из самых редких и короткоживущих изотопов, расположенный за пределами так называемой долины стабильности. Он содержит 14 протонов и всего 8 нейтронов, что делает его зеркальным по отношению к более изученному изотопу кислорода-22, у которого, наоборот, 8 протонов и 14 нейтронов. Ранее теоретики выдвигали гипотезу, что, если нейтронное число 14 является магическим в кислороде-22, то аналогичное число протонов в кремнии-22 также должно демонстрировать магические свойства. Однако экспериментальных подтверждений этой идеи долгое время не существовало: из-за короткого времени жизни кремния-22 и его крайне низкой доступности его масса и свойства оставались неизученными.

Ситуация изменилась благодаря использованию усовершенствованной изохронной масс-спектропии с определением магнитной жесткости в кольце охлаждения Лаборатории тяжёлых ионов в Ланьчжоу. Это оборудование позволило впервые точно измерить массу кремния-22 и сравнить её с предсказаниями теоретических моделей. Результаты показали, что кремний-22 не теряет два протона самопроизвольно, а значит, обладает положительной энергией разделения — важным маркером устойчивости. Это опровергло ранее существовавшее мнение, что кремний-22 должен быть двухпротонным радиоактивным.

Более того, вычисления на основе новых данных показали, что энергия спаривания протонов в кремнии-22 соответствует уровню, характерному для магического замыкания. Это прямо указывает на то, что число протонов 14 — ранее не признанное магическим — действительно формирует замкнутую энергетическую оболочку. Таким образом, 14 — новое подтверждённое магическое число среди протонов. Для сравнения, кислород-22 уже демонстрировал аналогичные свойства по числу нейтронов 14, а кремний-22 теперь выступает его зеркальным ядерным партнёром, что усиливает значимость открытия.

Интересным дополнением к этим данным стало наблюдение, что, несмотря на схожую магическую структуру, кремний-22 обладает более растянутым пространственным распределением протонов по сравнению с нейтронами в кислороде-22. Это свидетельствует о частичном нарушении зеркальной симметрии между этими ядрами и указывает на сложные внутренние взаимодействия в экзотических системах.

Открытие нового магического числа имеет не только теоретическое значение. Оно помогает строить более точные модели формирования элементов во Вселенной — особенно в экстремальных астрофизических условиях, таких как взрывы сверхновых или процессы в нейтронных звёздах. Кроме того, углублённое понимание стабильности ядер далеко за пределами таблицы Менделеева открывает путь к синтезу новых изотопов и исследованию их потенциальных применений, от ядерной медицины до фундаментальных экспериментов по физике частиц.

Эксперимент с кремнием-22 также стал подтверждением высокой точности современных методов масс-спектрометрии. Благодаря новому подходу, исследователи смогли в 7 раз уточнить массу соседнего изотопа кремния-23, что демонстрирует прогресс в возможностях наблюдения и анализа нестабильных ядерных систем.

Таким образом, открытие магического числа 14 среди протонов — это не просто пополнение списка устойчивых конфигураций, а важный шаг в развитии ядерной науки, углубляющий понимание природы материи и формирующих её сил. Новые данные уже интегрируются в оболочечные модели, в том числе в расчёты по модели Гамова, и в ближайшие годы могут радикально повлиять на развитие теории нуклонного взаимодействия.

Ссылка: «Магичность $Z=14$, раскрытая массой ядра протонной капельной линии Si22» DOI: [10.1103/ffwt-n7yc](https://doi.org/10.1103/ffwt-n7yc).