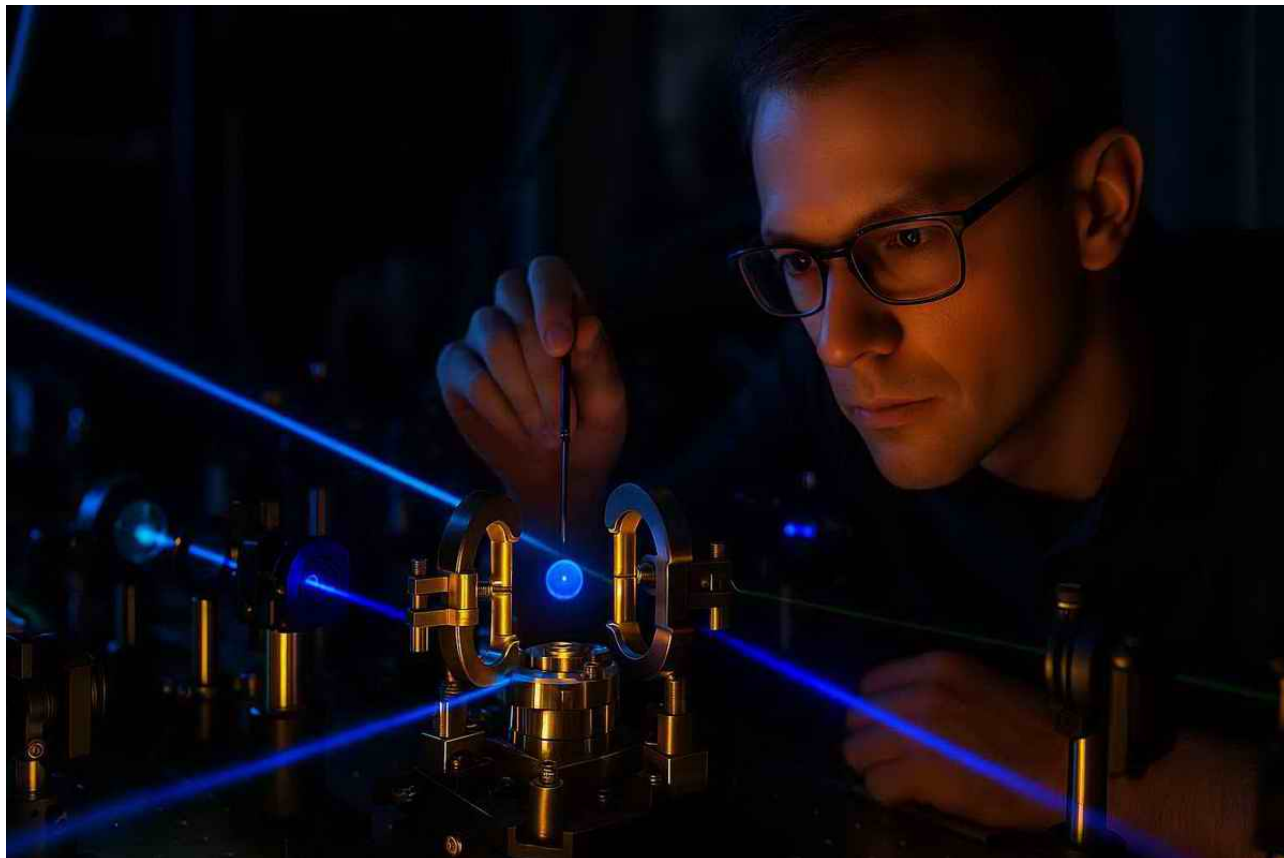


Физики на шаг ближе к пятой силе: как измерения атомов могут раскрыть природу тёмной материи



Дата публикации: 04.07.2025

Современная физика всё ещё не способна полностью объяснить структуру и поведение нашей Вселенной. Несмотря на исключительную точность Стандартной модели — фундаментальной теории, описывающей элементарные частицы и взаимодействия между ними — остаются загадки, выходящие за её пределы. Самая значимая из них — тёмная материя: невидимая субстанция, по гравитационным наблюдениям, составляющая до 85% всей массы во Вселенной, но не взаимодействующая со светом и другими известными силами.

Среди наиболее перспективных гипотез, призванных объяснить природу тёмной материи, фигурирует идея существования пятой фундаментальной силы, которая могла бы дополнять четыре известные: гравитацию, электромагнетизм, сильное и слабое ядерные взаимодействия. Эта гипотетическая сила может проявляться как дополнительное взаимодействие между нейтронами атомного ядра и электронами — сила, до сих пор не замеченная в экспериментах, но теоретически допустимая в расширениях Стандартной модели.

Физики из Института квантовой электроники ETN Zurich совместно с коллегами из Германии и Австралии разработали альтернативный подход к поиску этой силы. В отличие от традиционных экспериментов на ускорителях частиц, они сосредоточились на предельно точных атомных измерениях. В центре их исследований — изотопы кальция, элементы с одинаковым числом протонов, но разным количеством нейтронов. Такая разница позволяет выявить крошечные энергетические сдвиги, которые могут свидетельствовать о существовании новых взаимодействий.

Команда использовала ионную ловушку, в которой удерживались по два иона разных изотопов кальция. Их возбуждали лазером, фиксируя частоту перехода между энергетическими уровнями с точностью до 100 миллигерц — что в сто раз точнее предыдущих попыток. Это позволило обнаружить нелинейные отклонения в энергетических уровнях, которые не полностью объясняются известными ядерными эффектами.

Для усиления надёжности результатов к работе подключились две независимые группы. В Physikalisch-Technische Bundesanstalt в Германии измеряли переходы в многозарядных ионах тех же изотопов, а в Институте ядерной физики Макса Планка — чрезвычайно точно определяли массу ядер. Полученные данные сравнили с теоретическими расчётами, проведёнными коллегами в Германии и Австралии. Эти модели учли ранее недооценённый фактор — ядерную поляризацию, представляющую собой слабо исследованную деформацию ядра под действием электронов. Расчёты показали, что поляризация действительно может объяснить часть наблюдаемых аномалий, однако не исключают возможность влияния новой силы.

Хотя эксперимент не даёт прямого подтверждения существования пятой силы, он позволяет установить жёсткие границы на свойства гипотетической переносимой частицы — её массу и заряд. Это важный шаг вперёд в сужении круга допустимых теорий, способных объяснить тёмную материю.

Работа продолжается. В ETN Zurich уже ведутся новые измерения третьего энергетического перехода в изотопах кальция с ещё большей точностью. Учёные стремятся расширить так называемую диаграмму Кинга — графический метод сопоставления энергетических сдвигов — из двухмерного представления в трёхмерное. Это должно помочь отделить эффекты, укладывающиеся в рамки Стандартной модели, от потенциальных проявлений новой физики.

Таким образом, поиск пятой фундаментальной силы выходит на новый уровень. Комбинируя атомную спектроскопию, квантовые технологии и теоретические модели, физики всё ближе подбираются к разгадке тайн, лежащих за пределами известных законов. Если гипотетическая сила

действительно существует, такие исследования могут не только пролить свет на природу тёмной материи, но и коренным образом изменить представление о строении мира.

Ссылка: «Нелинейный сюжет короля кальция ограничивает новые бозоны и ядерные свойства» [DOI: 10.1103/PhysRevLett.134.233002](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.233002).