

Мюон и конец загадки $g-2$: почему «новая физика» снова отступила



Дата публикации: 27.04.2026

Долгие годы мюон оставался одной из самых интригующих частиц в физике элементарных частиц. Его поведение, казалось, намекало на существование неизвестных сил или частиц, выходящих за рамки современной теории. Однако последние высокоточные расчеты показывают, что загадка, возможно, была не признаком новой физики, а следствием сложности вычислений.

Мюон — это фундаментальная частица, аналогичная электрону, но примерно в 200 раз более массивная и значительно менее стабильная. Благодаря своей массе он чувствителен к квантовым эффектам, связанным с виртуальными частицами, которые возникают и исчезают в вакууме. Это делает мюон идеальным инструментом для проверки предсказаний Стандартной модели.

Центральным объектом исследования является так называемый аномальный магнитный момент мюона, известный как $g-2$. В классическом приближении значение этого параметра равно двум, однако квантовые эффекты вносят небольшие отклонения. Эти отклонения возникают из-за взаимодействий мюона

с виртуальными частицами, включая фотоны, бозоны слабого взаимодействия и адроны.

На протяжении более полувека экспериментальные измерения и теоретические расчеты $g-2$ не совпадали. Это расхождение воспринималось как потенциальное указание на существование новой физики, включая гипотетические частицы или пятую фундаментальную силу. Однако новое исследование, опубликованное в Nature, демонстрирует, что это несоответствие практически исчезает при использовании более точных методов расчета.

Ключ к решению проблемы оказался в более точном учете сильного взаимодействия — одной из четырех фундаментальных сил, наряду с гравитацией, электромагнетизмом и слабым взаимодействием. Сильное взаимодействие описывается теорией квантовой хромодинамики и отвечает за связывание кварков в протоны и нейтроны. Однако его нелинейная природа делает аналитические расчеты чрезвычайно сложными.

Для преодоления этой сложности ученые применили метод решеточная квантовая хромодинамика, который позволяет моделировать взаимодействия частиц на дискретной сетке пространства-времени. Этот подход требует огромных вычислительных ресурсов и сочетает в себе теоретическую физику, численные методы и высокопроизводительные вычисления.

Новый расчет стал одним из самых точных в истории и позволил существенно сократить неопределенность. В результате теоретическое значение магнитного момента мюона оказалось согласованным с экспериментальными данными с точностью, ранее недостижимой. Это означает, что прежнее расхождение было, скорее всего, связано с недостаточной точностью расчетов, а не с наличием неизвестных физических эффектов.

Ключевые аспекты исследования можно описать так: мюон как тяжелый лептон, аномальный магнитный момент $g-2$, влияние виртуальных частиц, сложность сильного взаимодействия, использование решеточных методов, высокая вычислительная точность, согласование теории и эксперимента.

Результаты имеют важное значение для всей современной физики. Они подтверждают, что Стандартная модель остается чрезвычайно точным описанием фундаментальных взаимодействий. Более того, они усиливают доверие к квантовой теории поля как базовой структуре, лежащей в основе современных представлений о природе материи.

При этом исчезновение расхождения не означает, что поиск новой физики завершен. Напротив, оно сужает область, в которой могут быть обнаружены отклонения, и делает будущие эксперименты еще более требовательными к

точности. Ученые продолжают искать эффекты, которые не укладываются в рамки Стандартной модели, например, в поведении нейтрино, темной материи или асимметрии материи и антиматерии.

История с мюоном также демонстрирует важную особенность научного процесса. Предварительные расхождения между теорией и экспериментом могут указывать как на фундаментальные открытия, так и на необходимость уточнения методов. В данном случае развитие вычислительных технологий и теоретических подходов позволило устранить кажущееся противоречие.

Современные эксперименты, включая работы в ускорительных центрах и международных лабораториях, продолжают улучшать точность измерений. В сочетании с новыми теоретическими моделями это открывает возможность для более глубокого понимания структуры Вселенной на субатомном уровне.

Таким образом, мюон вновь подтвердил свою роль ключевого теста фундаментальной физики. Хотя надежды на обнаружение новой силы в рамках $g-2$ не оправдались, полученные результаты укрепляют существующую теоретическую основу и задают новые ориентиры для будущих исследований в области элементарных частиц.

Ссылка: «Гибридный расчет адронной поляризации вакуума в мюоне $g-2$ до 0,48%» DOI: [10.1038/s41586-026-10449-z](https://doi.org/10.1038/s41586-026-10449-z).