

# Сверхтяжёлые гравитино: неожиданный кандидат в тёмную материю открывает новый путь в фундаментальной физике

Дата публикации: 22.09.2025

Тёмная материя остаётся одной из самых сложных загадок космоса, определяющей структуру Вселенной, но ускользающей от прямого наблюдения. Несмотря на десятилетия поисков и многочисленные эксперименты по поиску аксионов и вимпов, ни одна теория пока не дала однозначного ответа. Однако новое исследование, проведённое учёными Варшавского университета и Института гравитационной физики Макса Планка, выдвигает неожиданный вариант: тёмная материя может состоять из сверхтяжёлых электрически заряженных гравитино.

Гравитино — частицы, предсказываемые теорией супергравитации с максимальной симметрией ( $N=8$ ). В этой структуре присутствуют не только гравитон со спином 2 и стандартные кварки и лептоны со спином  $1/2$ , но и гравитино со спином  $3/2$ . Первоначальные трудности модели заключались в несовпадении электрических зарядов частиц с наблюдаемыми. Однако недавняя модификация теории позволила устранить несоответствие и предложила, что часть гравитино может обладать зарядами  $\pm 1/3$  и  $\pm 2/3$ . Это открывает принципиально новую возможность: тёмная материя может быть не нейтральной, а заряжённой, но из-за её колоссальной массы такие частицы настолько редки, что не взаимодействуют с излучением в привычных масштабах и не нарушают наблюдаемую картину космоса.

Моделирование, проведённое исследователями, показало, что заряженное гравитино, проходящее через сцинтилляционную жидкость, будет оставлять уникальный световой след, состоящий из фотонов, которые можно зафиксировать современными детекторами. Особенно перспективным оказался проект JUNO в Китае, где в сферическом резервуаре объёмом 20 000 тонн органической жидкости и более чем 17 тысячами фотоумножителей уже в ближайшие годы планируется регистрация неуловимых сигналов нейтрино. При этом те же установки теоретически способны уловить прохождение гравитино.

Сложность поиска заключается в крайне низкой концентрации таких частиц. Согласно оценкам, на всю Солнечную систему может приходиться лишь одно гравитино в пространстве объёмом около 10 000 км<sup>3</sup>. Это делает задачу почти невозможной для классических детекторов, но именно гигантские подземные обсерватории нового поколения открывают шанс впервые получить экспериментальные подтверждения. Помимо JUNO, перспективными

площадками считаются будущие проекты DUNE в США и аналогичные установки с жидким аргоном.

Интересно, что гравитино могут стать первой «планковской частицей», доступной для экспериментов. Их предполагаемая масса близка к планковскому масштабу, где гравитация и квантовые взаимодействия сливаются в единую теорию. Таким образом, их обнаружение стало бы прорывом, впервые связывающим наблюдаемую физику с фундаментальными уровнями устройства пространства и времени.

Новый кандидат в тёмную материю ставит под сомнение десятилетия устоявшихся поисков, показывая, что решение может скрываться не среди лёгких аксионов и не среди промежуточных вимпов, а среди редчайших и почти недостижимых для эксперимента частиц. При этом открываются новые возможности для междисциплинарных исследований, объединяющих квантовую химию, моделирование сцинтилляционных процессов и физику элементарных частиц.

Если сверхтяжёлые заряженные гравитино действительно существуют и будут зафиксированы, это изменит не только понимание природы тёмной материи, но и сам подход к поиску единой теории, способной объединить гравитацию с другими фундаментальными силами. Их открытие стало бы одним из крупнейших событий в истории науки, сравнимым с обнаружением бозона Хиггса, но с ещё более глубокими последствиями для космологии и физики высоких энергий.

**Ссылка:** «Сигнатуры сверхмассивных заряженных гравитино в жидкостинцилляционных детекторах» DOI: [10.1103/fm6h-7r78](https://doi.org/10.1103/fm6h-7r78).