



ТЁМНАЯ МАТЕРИЯ

Авторы: В. Н. Лукаш, Е. В. Михеева

ТЁМНАЯ МАТЕРИЯ, вещество небарионной природы, выявляемое по его гравитационному воздействию на распространение света (гравитационное линзирование) и на движение и структуру галактик, их скоплений и сверхскоплений. Совместный анализ наблюдат. данных по анизотропии [микроволнового фонового излучения](#) (реликтового излучения) и [крупномасштабной структуре Вселенной](#) приводит к значению космологич. плотности Т. м. ок. $0,25\rho_{кр}$ ($\rho_{кр}$ – критич. плотность Вселенной).

О существовании Т. м. имеется множество свидетельств. Исторически первое относится к работам 1930-х гг. по исследованию дисперсии скоростей галактик в гравитац. поле скоплений галактик. Установленная по величине дисперсии (в предположении о гидростатич. равновесии галактик в скоплении) полная масса скопления оказывалась в десятки и сотни раз больше, чем суммарная масса звёзд, входящих в галактики. Ещё одним аргументом в пользу существования Т. м. стало открытие плоских кривых вращения у большинства спиральных галактик. Длительное существование галактич. диска и наличие спирального узора возможны только при наличии сфероидального гало галактики, стабилизирующего погружённый в него вращающийся диск. В 1980-х гг. массы скоплений галактик были измерены по темп-ре содержащегося в скоплениях горячего межгалактич. газа и по гравитац. линзированию удалённых галактик близлежащими телами. Измеренные независимыми способами массы скоплений совпали.

Как и барионы, частицы Т. м. являются нерелятивистскими. Осн. различие между тёмной и обычной материей состоит в том, что частицы Т. м. являются слабо взаимодействующими. Остывая, барионы оседают в центр. области галактики и формируют диск размером в неск. килопарсек. Частицы Т. м. не могут быстро терять

свою энергию и формируют гало размером в десятки раз больше диска. Наблюдения показывают, что вся Т. м. входит в состав гравитационно связанных гало и массы гало в осн. находятся в диапазоне 10^{11} – 10^{14} масс Солнца, что соответствует массивным галактикам и группам галактик.

В стандартной модели элементарных частиц нет подходящих по свойствам кандидатов в частицы Т. м., поэтому частицы Т. м. следует искать в расширенных моделях элементарных частиц. Список возможных кандидатов приведён в таблице в порядке возрастания их массы.

Кандидаты в частицы тёмной материи

Кандидат	Масса (по порядку величины)
Гравитоны	10–21 эВ
Аксионы	10–5 эВ
Стерильные нейтрино	10 кэВ
Зеркальное вещество	1 ГэВ
Нейтралино	1 ТэВ
Сверхмассивные частицы	10 ¹³ ГэВ
Монополи и «дефекты»	10 ¹⁹ ГэВ
Первичные чёрные дыры	10 ⁻¹⁶ –10 ⁻⁷ массы Солнца

В силу принципа эквивалентности частицы движутся в гравитац. поле независимо от их массы. Поэтому масса частицы Т. м. остаётся пока неизвестной. Тем не менее известно, что частица Т. м. – стабильная, электрически нейтральная и слабовазаимодействующая. Большинство перечисленных в таблице кандидатов никогда не находились в тепловом равновесии с излучением в ранней Вселенной. Исключением является нейтралино – гипотетич. частица, возникающая в минимальной суперсимметричной теории.

Поиск частиц Т. м. ведётся на больших ускорителях (напр., в ЦЕРНе) и в подземных детекторах по регистрации событий их упругого рассеяния на ядрах вещества.

Интересным следствием существования частиц Т. м. является возможность наблюдения продуктов их аннигиляции (в случае если частица тождественна своей

античастице, как фотон) в местах повышенной плотности, напр. в ядрах галактик. Частицы типа нейтралино могут образовывать минигало с массами вплоть до массы Земли и размером с Солнечную систему. Существование таких гипотетич. минигало определяется малоизученной коротковолновой частью спектра флуктуаций плотности.