УДК 524.884

# О ТЕМНОЙ МАТЕРИИ И ТЕМНОЙ ЭНЕРГИИ

Кириллов М.И. ФГБОУ ВПО «КГЭУ»
Махамедьярова Л.Р., гимназия №18, г. Казань

*В данной научно-популярной статье дается краткий обзор состояния проблемы темной энергии и темной материи на сегодняшний день. В доступной форме объясняется основная причина введения в научный обиход необычной для нас материи и энергии. Кратко обсуждается свойства частиц, которые физики предлагают рассматривать в качестве основных кандидатов частиц темной материи.*
***Ключевые слова:*** *темная энергия, темная материя, отрицательное давление, антигравитация.*

Известный американский физик, лауреат нобелевской премии Ричард Фейнман (1918-1987) сказал: «Знание современной физики также необходимо для культурного человека XX века, как знание латыни было необходимо для культурного человека средневековья. Некоторые со мной не согласятся, но мы-то знаем, что это так!»

Целью этого очерка является ознакомление неспециалистов с одной из нерешенных проблем современной теоретической физики - проблемы темной материи и темной энергии.

В научном журнале «Успехи Физических Наук» за 2007 год, академик РАН В.Л. Гинзбург (ныне покойный) перечислил 30 наиболее важных проблем физики и астрофизики в начале XXI века. Список начинается с проблемы управляемого термоядерного синтеза и заканчивается нейтринной (не нейтронной!) физикой. В этом списке занимает место и проблема темной материи. Об этих проблемах, пусть даже не всех, должен иметь некоторое, хоть и отдаленное, представление любой культурный человек (вспомните слова Фейнмана).

Термин «темная энергия» стал широко употребляться в научной литературе в 90-е годы прошлого столетия. Темная энергия представляет собой физическую субстанцию (слабовзаимодействующую с привычной для нас материей), которая заполняет всю Вселенную. Почему физики вынуждены были ввести такую субстанцию? Вот почему. Мы все привыкли считать, что гравитация только притягивает: Земля притягивает нас и Луну, Солнце притягивает планеты, наша галактика («Млечный Путь») притягивает нашу солнечную систему и другие звезды галактики, галактики притягиваются к центру местных скоплений галактик и т.д. Это подтверждает

и Ньютоновская теория гравитации: сила притяжения между двумя объектами зависит только от двух факторов: их масс и расстояния между ними. Чем массивнее эти объекты и чем ближе они расположены, тем сильнее притягиваются. Но общая теория относительности Эйнштейна несколько поправляет теорию Ньютона и утверждает, что источником гравитации является не только масса, но также и энергия и давление, которое может быть и отрицательным. Это существенно меняет ситуацию. Обычная материя/энергия (протоны, электроны,...) создает только положительное давление, следовательно, вносит вклад в гравитационное поле в виде притяжения. Оказывается, если давление отрицательное, то оно вносит вклад в гравитационное поле в виде отталкивания. Но отрицательное давление может создаваться только «необычной» энергией. Эту энергию и называют «темной». Если отрицательное давление в некоторой области будет преобладать, то отталкивающая гравитация (антигравитация) - все вокруг будет расталкивать. Ввести понятие темной энергии заставили наблюдаемые факты. К сегодняшнему дню большая совокупность данных говорит о том, что Вселенная расширяется, причем расширяется ускоренно. Согласно исследованиям, это вторичное ускоренное расширение нашей Вселенной (считается, что ее возраст составляет примерно 13 -14 млрд лет): после «Большого взрыва» она расширилась ускоренно, а затем до первых 7 млрд лет темп расширения замедлился. После же этих 7 млрд лет Вселенная опять начала расширяться с ускорением и этот процесс продолжается по сей день, причем процесс ускорения только увеличивается. Эта скорость «убегания» галактик зависит от разности между гравитационным притяжением обычной материи и гравитационным отталкиванием темной энергии. Для обеспечения такого темпа ускоренного расширения, который бы согласовался с наблюдениями, количество темной энергии должно составлять около 70% процентов всей материи, т.е. обычной и «темной» (о темной материи см. ниже). В литературе в качестве кандидатов на роль темной энергии чаще предлагают рассматривать легкое безмассовое скалярное поле, не компенсированную вакуумную энергию, т.е. по существу ненулевую космологическую постоянную, или поля высших спинов (в природе мы наблюдаем лишь поля с максимальным спином равным единице, если не считать гипотетического гравитона со спином два). Заметим, что отрицательное давление, которое как видели, может создаваться темной энергией, позволяет построить различные типы так называемых «кротовых нор», которые тесно связаны с возможностями конструирования машины времени.

Теперь переходим к «темной материи». Под «обычной» материей мы понимаем элементарные частицы, известные нам со школьной физики:

протоны, нейтроны, электроны, различные нейтрино и пр., которые укладываются в так называемую «минимальную стандартную модель». Они в суммарной энергии Вселенной составляют около 5%. Оставшиеся 95% полной энергии во Вселенной — это темная энергия (как уже говорили, около 70%) и темная материя (около 25%). Темная материя имеет сходство с обычной материей в том смысле, что она может образоваться из темной энергии в виде локализованных «сгустков», т.е. образовать частицы и участвовать в гравитационных взаимодействиях. Имеются некоторые соображения, что эти частицы стабильны, не распадаются, образуя другие частицы (скорее всего, существует новый, неизвестный пока закон сохранения, запрещающий им распадаться). Далее, частицы темной материи чрезвычайно слабо взаимодействуют с обычным веществом и светом и являются достаточно тяжелыми (согласно некоторым оценкам в 100 -1000 раз тяжелее протона).

Имеются различные пути поиска частиц темной материи. Один из них связан с экспериментами на ускорителях высокой энергии - коллайдерах и в частности, ближайшие перспективы связаны с Большим адронным коллайдером. Другой путь состоит в регистрации частиц темной материи, которые предположительно, могут присутствовать в обычных условиях, наряду с частицами обычной материи. Однако при этом могут возникнуть определенные трудности связанные с тем, что они крайне слабо взаимодействуют с обычными частицами, т.е. привычное нам вещество для них прозрачно. Поэтому поиск в этом направлении ведется с помощью целого ряда высокочувствительных полупроводниковых детекторов, помещенных глубоко под землей, где снижен фон от космических лучей.

Имеются и другие подходы к поиску частиц темной материи, например, поиск продуктов их аннигиляции в центральной области нашей Галактики. Если будут открыты эти новые частицы, то изучение их свойств станет важнейшей научной задачей.

В качестве кандидатов на роль частиц темной материи в литературе рассматриваются суперсимметричные частицы (точнее - гипотеза нейтралино, связанная с минимальной суперсимметрией), аксионы с очень малыми массами, монополи и дефекты, первичные черные дыры и множество других возможностей. Также обсуждается возможность того, что темная материя может состоять даже из обычного вещества (из так называемого барионного вещества), которая по непонятным пока причинам не участвует в электромагнитных взаимодействиях.

Таким образом, современной физике известны свойства лишь того вещества, которого мы можем регистрировать с помощью своих приборов (т.е. материя, проявляющаяся в электромагнитных взаимодействиях). Это

вещество состоит из тех элементарных частиц, которые вписываются, как уже было сказано, в так называемую минимальную стандартную модель физики элементарных частиц. Но такая модель, как мы уже видели, способна объяснить свойства всего 5% вещества и энергии нашей Вселенной! Для объяснения свойств всей материи и энергии, нужна, как ожидается, совершенно новая физика. Во всяком случае, если физикам удастся понять и объяснить все эти тайны, существующую теоретическую физику придется пересмотреть (возможно, кардинальным образом). Какие именно произойдут изменения, предсказать трудно. Однако можно ожидать, что скорее всего некоторые законы сохранения сегодняшней физики не будут иметь места; также возможно, вместо принципа наименьшего действия потребуется ввести какой-нибудь другой фундаментальный принцип; есть большая вероятность того, что вместо четырех фундаментальных взаимодействий или же их объединенных версий (типа стандартной модели) получим еще новые, неизвестные пока типы фундаментальных взаимодействий и т.д.

Как правило, глубокое понимание устройства природы приводит к новым технологическим достижениям. Никто не знает, к каким открытиям и технологическим достижениям может привести решение фундаментальных на сегодняшний день научных проблем, но безусловно, свой след в прогрессе цивилизации они оставят. Но дорога к этому как всегда, будет очень сложной: в поисках ответов на глубочайшие вопросы, теоретики должны пробираться через джунгли путаницы и неопределенностей.

*Авторы выражают благодарность проф. А.С. Ситдикову за предложение написать данную научно-популярную статью и за обсуждение многочисленных затронутых вопросов.*

**Источники**

1. Davi C. Rodrigues et.al. Modified gravity models and the central cusp of dark matter halos in galaxies MNRAS 2014 445 (2): 3823-3838
2. Burra G. Sidharth, Dark Energy and Dark Matter Models, arXiv: 1303.4362.
3. Arneodo F. Dark Matter Searches, Proceedings of a talk given to the conference "Physics in Collision 2012", Strbske Pleso, Slovakia

Дата поступления 30.04.2015.