

Темными дорогами. Загадки темной материи и темной энергии

Думаю, я здесь выражу настрой целого поколения людей, которые ищут частицы темной материи с тех самых пор, когда были еще аспирантами. Если БАК принесет дурные вести, вряд ли кто-то из нас останется в этой области науки.

*Хуан Кояр,
Институт космологической физики им. Кавли,
«Нью-Йорк Таймс», 11 марта 2007 г.*

Один из срочных вопросов, на которые БАК, возможно, даст ответ, далек от теоретических измышлений и имеет самое что ни на есть прямое отношение к нам. Вот уже несколько десятилетий астрономия силится разгадать трудную загадку. Если подсчитать всю массу и энергию в космосе, оказывается, что львиная доля материи скрыта от наших глаз. По современным подсчетам, светящееся вещество составляет всего 4% от полного количества материи во Вселенной. В эту жалкую долю входит все, что сделано из атомов: от газообразного водорода до железных ядер планет вроде Земли. Примерно 22% приходится на темную материю, компоненту вещества, которая не излучает электромагнитных волн и дает о себе знать только посредством своего гравитационного поля. Наконец, современные данные говорят, что 74% находится в форме темной энергии, материи неизвестной природы, заставляющей Вселенную расширяться ускоренно. Одним словом, Вселенная — это несобранная мозаика. Может быть, недостающие кусочки поможет найти БАК?

Гипотезы о скрытой материи начали высказываться задолго до того, как эта проблема была признана широкой научной

общественностью. Первые подозрения о том, что помимо видимого вещества Вселенную в узде держит нечто еще, появились в 1932 г. Голландский астроном Ян Оорт подсчитал, что звезды во внешних областях галактик двигаются так, будто на них действует гораздо большее тяготение, чем то, которым обладает наблюдаемая материя. Млечный Путь по сути своей похож на гигантскую карусель с лошадами. Звезды вращаются вокруг галактического центра, одни чуть ближе, а другие чуть дальше от диска Галактики. Оорт измерил их скорости и нашел, какой должна быть гравитационная сила Млечного Пути, чтобы она удерживала звезды вблизи галактической плоскости и не давала Галактике рассыпаться. Зная эту силу, Оорт оценил полную массу нашей звездной системы (эта величина сегодня известна как предел Оорта). Результат оказался неожиданным: она была в два раза больше наблюдаемой массы излучающих свет звезд.

В следующем году физик болгарского происхождения Фриц Цвикки, работавший в Калтехе, независимо исследовал, сколько нужно гравитационного «клея», чтобы удержать вместе богатое скопление галактик в созвездии Волосы Вероники*. Расстояния между галактиками в группе большие, из-за чего Цвикки и получил для гравитационной силы большую величину. По ней можно было посчитать количество материи, необходимой, чтобы такую силу создать. Цвикки изумился, увидев, что оно в сотни раз превосходит массу видимого вещества. Похоже, эта объемистая структура стояла на замаскированных подпорках, которые одни только и могли ее удержать в устойчивом состоянии.

В 30-х гг. XX в. ученым о Вселенной мало что было известно, если не считать обнаруженного Хабблом расширения. Даже представление о других галактиках как об «островных вселенных», подобных Млечному Пути, находилось в зачаточном со-

* Это скопление также называют скоплением Coma — по латинскому названию созвездия (Coma Berenices). — *Примеч. пер.*

стоянии. Неудивительно, что при таком младенческом возрасте физической космологии на необыкновенные открытия Оорта и Цвикки почти никто не обратил внимания. Прошли годы, прежде чем астрономы осознали их значение.

Теперешним интересом к темной материи мы обязаны смелости молодой Веры Купер Рубин, которая вопреки всем предрассудкам того времени (на женщин-астрономов тогда смотрели искоса) решила заняться астрономией. Рубин родилась в Вашингтоне, округ Колумбия, и с детства засматривалась из окна своей комнаты на звезды. Любила читать книжки по астрономии, особенно биографию Марии Митчелл, получившей международное признание благодаря открытию кометы. Путь Веры Рубин к своей мечте нельзя назвать легким: астрономическое сообщество напоминало в те годы закрытый клуб с яркой табличкой на двери «Женщинам вход воспрещен».

Рубин потом вспоминала: «Когда я училась в школе, мне твердили, что мне нигде не добиться места астронома и что я должна заняться чем-нибудь другим. Но я никого не слушала. Если тебе и вправду чего-то хочется, надо брать и делать и, наверное, иметь смелость что-нибудь изменить в этой области»⁸⁶.

Получив в Вассар-колледже, где когда-то преподавала Митчелл, степень бакалавра астрономии, а в Корнелльском университете — магистра астрономии, Рубин вернулась в родной город, чтобы продолжить изучать астрономию в Университете Джорджтауна. Научным руководителем ее диссертации на степень доктора философии стал Георгий Гамов. Он хоть и не числился среди преподавателей университета, но тоже интересовался эволюцией галактик, и ему разрешили работать с Рубин. Под его началом она и защитилась в 1954 г.

В заботах о четырех детях, рожденных в браке с математиком Робертом Рубином, ей было непросто найти постоянную работу, которая позволила бы совмещать семью и науку. В конце концов, в 1965 г. Отделение земного магнетизма Института Карнеги в Вашингтоне включило ее в состав научных сотрудников. Там Рубин вступила в творческий союз со своим коллегой Кентом

Фордом. У того был построенный собственными руками телескоп, и они вместе занялись активными наблюдениями внешних областей галактик.

В первую очередь астрономы направили телескопическую трубу на ближайшую спиральную соседку Млечного Пути, галактику в созвездии Андромеды. С помощью спектрографа они стали собирать данные о доплеровском смещении в спектрах звезд, находящихся на галактической периферии. Доплеровское смещение — это увеличение (уменьшение) частоты излучения от объекта, движущегося к наблюдателю (от наблюдателя). Величина этого смещения зависит от относительной скорости тела. Эффект Доплера свойственен любому волновому процессу, в том числе свету и звуку. Например, всякий раз, когда мы слышим, как пожарная сирена, приближаясь, завывает все выше, а удаляясь, понижает тон, мы имеем дело с этим эффектом. Если говорить о свете, то с приближением источника его излучение сдвигается в фиолетовую область спектра (фиолетовое смещение), а с удалением — в красную (красное смещение). Красные смещения галактик послужили Хабблду доказательством того, что далекие галактики разлетаются от нас. Эффект Доплера в электромагнитных спектрах до сих пор является одним из незаменимых инструментов астрономии.

Сняв спектры звезд во внешних частях Андромеды и измерив величину смещения, Рубин и Форд смогли посчитать скорость звездного вещества. Они определили, насколько быстро звезды на галактической окраине движутся вокруг центра притяжения. Затем ученые из Института Карнеги построили график: по вертикали отложили орбитальные скорости, а по горизонтали — расстояние от центра. Эта зависимость, называемая кривой вращения галактики, наглядно показывала, как на карусели Андромеды кружатся самые крайние ее части.

Как установил Кеплер еще несколько столетий назад, в астрономических объектах, в которых основная часть массы сосредоточена в центре (пример — Солнечная система), чем

дальше тело от середины, тем меньше его скорость. Внешние планеты движутся по своим орбитам гораздо медленнее, чем внутренние. Меркурий мелькает около Солнца со скоростью около 50 км/с, в то время как Нептун еле-еле ползет — примерно 5,5 км/с. Причина проста: солнечное притяжение быстро убывает с радиусом, а масса, которая бы могла повлиять на скорости планет, во внешних частях Солнечной системы отсутствует.

Раньше думали, что в спиральных галактиках, наподобие Млечного Пути, вещество распределено так же компактно. В наблюдениях видно: плотнее всего звезды населяют центральную часть галактик и образуют шаровидную структуру (астрономы говорят «балдж»). Спиральные рукава и ореол, окутывающий галактический диск, наоборот, выглядят разреженными и эфемерными. Но первое впечатление обманчиво.

Строя кривую вращения Андромеды, Рубин и Форд твердо были уверены, что, как в Солнечной системе, на больших расстояниях скорости будут падать. Но вместо этого график выходил на прямую линию, чем ученые были изрядно озадачены. На месте горного склона оказалось ровное плато. Плоская форма профиля скорости означала, что на самом деле масса простирается далеко за пределы наблюдаемой структуры. Нечто скрытое от наших глаз оказывает ощутимое воздействие на те области, где гравитация, по нашим представлениям, должна быть исчезающе малой.

Чтобы понять, является ли такое поведение скоростей в Андромеде исключением или правилом, Рубин и Форд совместно со своими коллегами из Института Карнеги Норбертом Тоннардом и Дэвидом Берстайном решили проверить еще 60 спиральных галактик. Хотя спиральные не единственный тип галактик — есть эллиптические, есть галактики неправильной формы, — астрономы выбрали «вихрь» за его простоту. В отличие от других типов галактик, в спиральных звезды в рукавах все вращаются в одном направлении. Поэтому их скорости легче отложить на графике, а значит, легче проанализировать.

Группа ученых выполнила наблюдения на обсерваториях Китт-Пик в Аризоне и Серро-Тололо в Чили и построила кривые вращения для всех 60 галактик. На удивление, на каждом графике был такой же плоский участок, как у Андромеды. Отсюда Рубин и ее соавторы сделали вывод, что основная часть вещества в спиральных галактиках собрана в протяженные невидимые образования, которые, если не считать гравитационного поля, никак себя не проявляют. Проблема, мучавшая Оорта и Цвикки, встала во весь рост!

Кто скрывается за маской? Может быть, темная материя состоит из обычного вещества, но его плохо видно? Может, наши телескопы всего-навсего слишком слабы, чтобы разглядеть все объекты в космосе?

Одно время на роль темной материи предлагались небесные тела, в чьем названии отразилась приписываемая им гравитационная мощь: мачо-объекты (MACHO, акроним от англ. *Massive Compact Halo Objects* — «массивные компактные объекты гало»). Это массивные небесные тела в гало* галактик, излучающие мало света. К ним, в частности, относятся планеты-гиганты (размером с Юпитер и больше), коричневые карлики (звезды с весьма непродолжительной стадией термоядерного горения), красные карлики (слабосветящиеся звезды), нейтронные звезды (звездные ядра, пережившие катастрофическое сжатие (коллапс) и состоящие из нуклонной материи) и черные дыры. Все они состоят из барионного вещества, к которому относится вещество атомных ядер и его ближайшие родственники, например водородный газ.

Для охоты за мачо-объектами и другими тусклыми источниками гравитационного притяжения астрономы разработали искусный метод под названием гравитационное микролинзирование. Гравитационная линза — это массивное тело, которое, подобно призме, отклоняет свет. Согласно общей теории отно-

* Гало — сферическая подсистема галактики. В него также входит звездный балдж. — *Примеч. пер.*

сительности Эйнштейна, тяжелые тела прогибают вокруг себя пространство-время, из-за чего траектория проходящего мимо луча искривляется. В 1919 г. эффект линзирования наблюдался во время солнечного затмения: в этот момент удается рассмотреть звезды вблизи диска Солнца, которое и отклоняет их свет.

Поскольку мачо-объекты, проходящие между Землей и далекими звездами, должны исказить изображение, микролинзирование дает способ их «взвесить». Если мачо-объект вдруг окажется на луче зрения в направлении наблюдаемой звезды (например, одной из звезд близкой галактики), она благодаря гравитационной фокусировке на миг станет ярче. А когда «мачо» пройдет мимо, звезда потускнеет и примет прежний вид. По этой кривой блеска астрономы могут вычислить массу объекта.

В 90-х гг. в рамках проекта МАСНО международная группа астрономов из обсерватории на горе Стромло в Австралии составила каталог, в который вошли около 15 «подозрительных» событий. Участок за участком просматривая гало Галактики и используя в качестве звездного фона Большое Магелланово Облако (спутник Млечного Пути), ученые натолкнулись на характерные кривые блеска. По этим наблюдательным данным астрономы оценили: около 20% всей материи в галактическом гало составляют мачо-объекты с массой от 15 до 90% массы Солнца. Эти результаты свидетельствовали о том, что окраину Млечного Пути населяют тусклые и сравнительно легкие звезды, которые хоть почти и не светят, но создают силу притяжения. То есть частично прояснилось, какие небесные тела водятся на периферии Галактики, но чем объяснить оставшуюся долю скрытой массы по-прежнему было непонятно.

Есть и другие причины полагать, почему мачо-объекты не могут дать окончательный ответ на загадку темной материи. В астрофизических моделях нуклеосинтеза (образования химических элементов), зная, в каком количестве сегодня присутствует тот или иной элемент в космосе, можно рассчитать, сколько протонов содержала Вселенная в первые моменты после Большого взрыва. А это дает возможность оценить долю бари-

онного вещества во Вселенной. К сожалению, расчеты показывают, что только часть темной материи имеет барионную природу, остальное находится в какой-то другой форме. Поскольку мачо-объекты, состоящие из знакомых нам барионов, не подошли на роль панацеи, ученые обратили свой взор на других кандидатов.

Неслучайно мачо-объекты наградили столь брутальным названием: тем самым их хотели противопоставить другому классу тел, предложенных для объяснения темной материи, — неуловимым «вимпам» (WIMP — слово, образованное от англ. *Weakly Interacting Massive Particles* — «слабовзаимодействующие массивные частицы»). В отличие от «мачо», «вимпы» — это не небесные тела, а новый тип массивных частиц, которые участвуют только в слабых и гравитационных взаимодействиях. Раз они тяжелые, «вимпы» должны обладать небольшими скоростями, что делает их превосходным гравитационным «клеем»: они не дают распасться гигантским структурам, наблюдаемым в космосе, таким как галактики и скопления галактик.

Нейтрино можно было бы не сбрасывать со счетов, будь они тяжелее и усидчивей. Ведь они, как и положено лептонам, обходят стороной сильные процессы, и, как всем нейтральным частицам, им не страшен электромагнетизм. Однако ничтожная масса и непоседливость нейтрино заставляют исключить их из рассмотрения. За их юркость нейтрино можно уподобить поверхностному политику, который то и дело совершает вылазки в разные округа, стремясь привлечь на свою сторону электорат перед выборами в городской совет. Разве захотят люди объединяться вокруг человека, который не в состоянии осесть на одном месте и завоевать твердую поддержку? Так и нейтрино, которые нигде подолгу не задерживаются и мало на что влияют, вряд ли подходят на роль объединяющего стержня.

Нейтриноподобные частицы — слишком легкие и быстрые, чтобы образовывать структуры, — получили название горячей темной материи. Хотя скрытая масса во Вселенной в какой-то степени может состоять из них, с их помощью нельзя объяс-

нить, почему звезды во внешних областях галактик держатся за свой родной «остров» так крепко и почему сами галактики собираются в скопления. Более грузное вещество, отличающееся размеренным шагом, в том числе «мачо» и «вимпы», относятся к классу холодной темной материи. Если бы нам удалось достаточно ее наскрести, мы бы знали, из чего сделаны космические подпорки.

Но если не нейтрино, то какие нейтральные частицы неадронного происхождения обладают значительной массой и могут летать настолько медленно, чтобы оказывать влияние на звезды и галактики? Как ни прискорбно, но в Стандартной модели такие в дефиците. Помимо нейтрино, «мачо» и «вимпов» на роль темной материи претендует, и, как считают некоторые теоретики, небезосновательно, аксион. Эта массивная частица вводится в квантовой хромодинамике (теории сильных взаимодействий), но до сих пор экспериментально не обнаружена. На данный момент поиски скрытой массы во Вселенной зашли в тупик.

Самое время попросить помощи у БАК. Возможно, в осколках столкновений на ускорителе будет крыться разгадка тайны холодной темной материи. Первыми в списке претендентов идут легчайшие суперсимметричные партнеры: нейтралино, чарджино, глюино, фотино, скварки, слептоны и некоторые другие. Если их масса (в энергетических единицах) не сильно отличается от тераэлектронвольта, их нетрудно будет заметить по характерным распадам, проявляющимся в калориметрах и системах слежения.

Но если бы темная материя была единственной вселенской загадкой, физики бы прикусили язык, скрестили пальцы и сидели бы тихонько ждали, пока БАК или какой-нибудь еще прибор выдаст подходящие результаты. Это как вывесить объявление о работе и спокойно ожидать, когда на собеседование придет квалифицированный специалист. На горизонте, однако, появился орешек покрепче, уже успевший доставить ученым хлопот. Речь идет о темной энергии. Мало того, что они не знают, что именно от них скрывается, они даже не представляют, где искать.

Впервые научное сообщество лицом к лицу столкнулось с темной энергией в 1998 г. * Тогда две группы астрономов — научный коллектив из Национальной лаборатории им. Лоуренса в Беркли под началом Сола Перлмуттера и наблюдатели обсерватории на горе Стромло (в их числе Адам Рисс, Роберт Киршнер и Брайан Шмидт) — огласили потрясающую новость о расширении Вселенной. Чтобы проследить, как космос расширялся в прошлом, исследователи измеряли расстояния до сверхновых в далеких галактиках. Отложив на одном графике эти расстояния в зависимости от скоростей галактик, найденных по доплеровскому смещению спектральных линий, астрономы смогли определить, как параметр Хаббла, характеризующий скорость удаления, менялся на протяжении миллиардов лет.

Использованные в наблюдениях звезды, так называемые сверхновые типа Ia, обладают замечательным свойством: в интенсивности энергии, излучаемой ими во время взрыва, прослеживаются определенные закономерности. Благодаря столь предсказуемому поведению упомянутым группам удалось посчитать расстояния до звезд, сравнивая наблюдаемую яркость с известным значением. Другими словами, астрономам досталась своего рода рулетка, с помощью которой можно «достать» до звезд, находящихся за миллиарды световых лет от нас, то есть взорвавшихся давно в прошлом.

Астрономический объект с известной абсолютной светимостью называется стандартной свечой. Когда мы едем ночью на автомобиле и смотрим на придорожные фонари, мы можем при-

* Вообще говоря, подозрения насчет темной энергии возникли раньше 1998 г. Данные спутника COBE, наблюдавшего неоднородности реликтового излучения, позволяли оценить полную плотность материи во Вселенной, а из астрономических наблюдений можно было подсчитать, сколько вещества (в том числе темного) находится в структурах (галактиках, их скоплениях, межгалактическом пространстве и т. д.). Расхождение между этими двумя цифрами следовало приписать некой материи, которая не собирается в структуры. Таковая как раз обладает свойствами темной энергии. — *Примеч. пер.*

кинуть расстояние до того или иного фонаря по тому, кажется ли он нам ярким или тусклым. Если, конечно, предположить, что все они выдают одну и ту же мощность. Приключись так, что во время ночной прогулки вам в глаза ударила яркая вспышка, вы, скорее всего, решили бы, что ее источник около вас. А про едва различимый свет невольно думаешь, что он где-то далеко. Одним словом, мы часто оцениваем расстояние по видимой яркости источника света. Так и астрономы, приняв какой-нибудь объект, например сверхновую типа Ia, за стандартную свечу, получают в свое распоряжение едва ли не единственный инструмент для измерения больших расстояний.

Научный коллектив Перлмуттера, воплощавший проект SCP («Космология со сверхновыми»), имеет непосредственное отношение к физике элементарных частиц. Начнем с того, что эта программа, как и исследования реликтового излучения на спутнике COBE, принесшие Джорджу Смуту Нобелевскую премию, продолжает традиции лаборатории Лоуренса. Такой широкий взгляд на вещи полностью в духе руководителя «Рэд Лаба», который повсюду искал взаимосвязи и пробовал применять методы одной области науки в другой. Кроме того, один из инициаторов проекта SCP, Джерсон Голдхабер, являющийся, по всеобщему признанию, знатной фигурой в истории Стэнфордской лаборатории линейного ускорителя, возглавлял группу, которая открыла частицу J/ψ. Его старший брат Морис Голдхабер работал в Кавендишской лаборатории во времена Резерфорда и Чэдвики, а потом в течение многих лет занимал пост директора Национальной лаборатории в Брукхейвене. Можно сказать, что космология и физика элементарных частиц — науки о самом большом и самом малом — давно породнились.

Когда стартовала программа SCP, ее участники надеялись, взяв сверхновые за стандартные свечи, убедиться в *замедлении* Вселенной. Сила тяготения, казалось бы, по самой своей природе стремится задержать разбегание любой системы массивных тел, удаляющихся друг от друга. Проще говоря, подброшенное вверх падает вниз, ну или как минимум замедляется. Космологи

поэтому предвидели три возможных пути космической эволюции. В зависимости от соотношения между средней и критической плотностью Вселенной она либо довольно быстро замедляется, и расширение сменяется сжатием, либо замедляется не очень сильно, и точка останова не достигается, либо, при равенстве двух плотностей, пребывает в граничном состоянии и тоже расширяется бесконечно долго.

Все три сценария начинаются с обыкновенного Большого взрыва. Если Вселенная достаточно плотная, она постепенно тормозится, и наконец через миллиарды лет расширение сменяется сжатием. Все сущее, в итоге, перемалывается в Большой мясорубке. Если же плотность ниже критического значения, расширение Вселенной продолжается, замедляясь, бесконечно долго — космос преодолевает дистанцию через силу, как выдохшийся бегун. Хотя разлет галактик становится все более вялым, у них никогда не хватит смелости побегать навстречу друг дружке. Эту альтернативу иногда называют Большим стоном. Третья возможность: средняя плотность в точности равна критической. В этом случае Вселенная тормозится и, того и гляди, вот-вот начнет сжиматься, но этого не происходит. Она, как опытный канатоходец, с легкостью держит равновесие.

Перлмуттер и его сотрудники ожидали увидеть один из этих трех вариантов. Однако наблюдения сверхновых противоречили известным схемам. Из графиков зависимости скорости от расстояния следовало, что расширение совсем не замедляется. Более того, ускоряется. Будто что-то заставило гравитацию перепутать педаль тормоза с газом. Но ни одно из известных веществ в этих происках заподозрить было нельзя. Теоретик Майкл Тернер из Чикагского университета окрестил необычную компоненту темной энергией.

Хотя темная энергия не менее загадочна, чем темная материя, в их свойствах мало общего. Темная материя вызывает такую же силу притяжения, как обычное вещество, а вот темная энергия представляет собой своего рода «антигравитацию», заставляя тела разлетаться с ускорением. Очутись темная материя

на вечеринке, она бы стала представлять гостей друг другу и вовлекать во всеобщее веселье. Темной энергии, наоборот, по душе работа в спецназе, подавляющем уличные беспорядки. В самом деле, если бы космос был слишком обильно сдобрен темной энергией, Вселенная встала бы на роковой путь, заканчивающийся Большим разрывом, — ее бы просто-напросто разнесло вдребезги.

В связи с темной энергией физики заговорили о том, чтобы вернуть в общую теорию относительности космологическую постоянную, от которой когда-то отказался Эйнштейн. Хотя слабое, описывающее антигравитацию (лямбда-член), разрешает проблему малой кровью, неплохо было бы его обосновать с физической точки зрения. Физики очень неохотно добавляют в стройные теории новые члены, если к этому нет каких-то фундаментальных предпосылок. Другими словами, космологической постоянной надо бы найти место в теории поля. Однако современные теории поля дают немислимую величину вакуумной энергии. Чтобы из нее получилось реалистичное значение, ее нужно уменьшить почти до нуля (именно что почти, а не точно). Обнаруженное и экспериментально измеренное космическое ускорение задало ученым сложную головоломку.

Более того, если темная энергия остается постоянной во времени и в пространстве, ее влияние никогда не ослабевает. По мере того как гравитация со временем сдает свои позиции темной энергии, Вселенная все ближе к Большому разрыву*. Прежде чем смириться со столь мрачным концом, большинство теоретиков предпочитают поразмыслить и придумать что-нибудь получше.

Принстонский теоретик Пол Стейнхардт, а также Роберт Колдуэлл и Рахул Дейв предложили оригинальный способ смо-

* Под сценарием Большого разрыва обычно подразумевают ситуацию, когда бесконечный размер Вселенной (бесконечное расстояние, скажем, между любыми двумя галактиками) достигается в конечный момент времени. В случае эйнштейновской космологической постоянной этот вариант развития не имеет места: в каждый момент времени все расстояния конечны, хотя и стремительно увеличиваются. — *Примеч. пер.*

делировать темную энергию. Они ввели новую разновидность материи под названием квинтэссенция. Квинтэссенция — это гипотетическое вещество, которое, вместо того чтобы заставлять тела сгущаться (как обычная материя, служащая источником силы тяготения), расталкивает их (как могучий Самсон колонны филистимлянского храма). Термин для этого вещества взят из античной философии, в которой квинтэссенция («пятая сущность») продолжала ряд четырех элементов Эмпедокла. Разница между космологической постоянной и квинтэссенцией состоит в следующем: в то время как первая стоит на месте как вкопанная, вторая подобна податливому пластилину — может меняться от места к месту и от эпохи к эпохе.

Наблюдения реликтового излучения на спутнике WMAP свидетельствуют в пользу того, что космос заполнен смесью темной энергии, темной материи и видимого вещества (именно в таком порядке). Но снимки с зонда пока, однако, молчат о том, из каких ингредиентов приготовлен двойной темный коктейль.

Физики надеются, что приоткрыть завесу тайны над природой темной энергии и темной материи поможет БАК. Будь на крупнейшем коллайдере открыта, например, квинтэссенция, это означало бы революцию в космологии и радикально изменило бы наши представления о материи, энергии и Вселенной. Посудите сами, благодаря этому открытию мы бы узнали, какое будущее ждет все сущее.

Добавлением лямбда-члена и введением необычного вещества гипотезы не ограничиваются. Как считают некоторые теоретики, настало время пересмотреть саму теорию гравитации. Может быть, гравитационные силы по-разному проявляются на разных масштабах: в пределах планетных систем ведут себя так, а на галактических просторах — по-другому? Может ли так получиться, что общую теорию относительности Эйнштейна, по нашим представлениям, вроде бы верную, на самых грандиозных расстояниях придется заменить другой теорией? Как однажды сказала Рубин: «Похоже, пока мы не узнаем, что такое гравитация, мы не узнаем, что такое темная материя»⁸⁷.

В новаторских теориях гравитации предлагается радикально изменить механизм и область ее действия. Некоторые ее свойства, утверждают приверженцы этих теорий, получают естественное объяснение, если предположить, что сила тяготения проникает в скрытые дополнительные измерения, куда доступ остальным формам материи и энергии воспрещен. Тогда темный сектор Вселенной может быть тенью более высоких сфер.

Примечательно, что отдельные экзотические теории такого типа, какими бы странными они ни казались, могут быть проверены на БАК. Горячая топка высокоэнергетичных превращений способна не только вызвать к жизни невиданные частицы, но и нащупать новые измерения. Кто знает, с каких давних секретов природы беспрецедентная мощь БАК сорвет покровы...