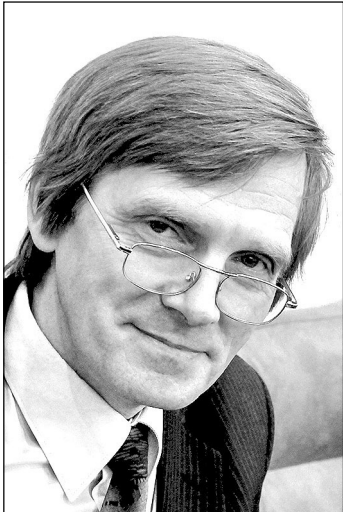


Большой взрыв и его загадки

Очередной «Академический час» был посвящен актуальным проблемам астрофизики и физики элементарных частиц. Лекцию прочитал член-корреспондент РАН Александр Евгеньевич Бондарь, декан физфака НГУ, главный научный сотрудник ИЯФ СО РАН.



«Мне бы хотелось, чтобы наша сегодняшняя встреча прошла не просто как сухая научная лекция, а стала бы двусторонним общением. Лекция имеет высоконаучное название — «Актуальные проблемы астрофизики и физики элементарных частиц», но я хочу показать вам, что предмет, о котором я буду рассказывать, доступен для понимания даже людям без профессиональной подготовки — достаточно школьной программы.

Хотелось бы остановиться на вопросах современного научного представления об устройстве Вселенной, о том, каким образом эти представления возникли, на основе каких научных знаний, наблюдений, экспериментов», — начал свой рассказ лектор.

Физика элементарных частиц и знания о том, каким образом устроена материя, самым тесным образом связаны с устройством Вселенной в целом. Это современная тенденция в науке, когда знания о микромире, к которым относится и физика элементарных частиц, напрямую связаны с представлениями о макромире, то есть о мире в масштабе всей Вселенной.

Наши знания о Вселенной в первую очередь основываются на астрономических, астрофизических наблюдениях. К сожалению, время жизни человека ограничено: сто лет в условиях жизни Вселенной — ничтожно малое время. Более того, время существования всей человеческой цивилизации для Вселенной — практически ничто.

Нам кажется, что Вселенная выглядела всегда одинаково, на самом деле её вид и устройство менялись со временем. Примерно 80—90 лет назад астрономы обнаружили, что объекты во Вселенной разбегаются. Чем дальше от нас находится объект — звезда, галактика, тем с большей скоростью они удаляются. Данный закон был экспериментально обнаружен астрономом Хабблом и назван в его честь.

Тип расширения, когда в среднем все объекты усиленно удаляются друг от друга, определяется постоянной Хаббла. Это эмпирический закон, то есть экспериментально обнаруженный. Если Вселенная расширяется сейчас, она, вероятно, расширялась и в прошлом. Мы можем приблизительно представить себе, когда начался этот процесс.

Выясняется, что есть начальная точка отсчёта, с которой Вселенная образовалась и начала расширяться. По современным представлениям, это произошло 14 миллиардов лет назад. И все свойства — средняя температура, плотность вещества во Вселенной, другие параметры того, что нас окружает и неотъемлемой частью чего мы являемся, тоже менялись со временем.

Сегодняшние представления таковы, что первоначальный момент возникновения нашей Вселенной (а называется он Большой взрыв), произошел 14 миллиардов лет назад, и всё, что мы сейчас видим, вся материя, включая мыслящую — результат этого взрыва. Чтобы представить себе масштабы изменения свойств вещества во Вселенной, нужно знать, что на протяжении примерно 200 тысяч лет с момента её возникновения всё вещество во Вселенной представляло из себя ионизированную плазму.

Не было даже атомов, существовала лишь сильно нагретая смесь электронов, протонов, нейтронов, отдельных ядер. При дальнейшем

расширении температура вещества уменьшалась. Примерно тот же эффект возникает при адиабатическом расширении газов в термодинамике. Когда газы расширяются без воздействия с внешней средой, их температура падает.

Точно также вещество во Вселенной охлаждалось по мере расширения. Нейтральное вещество (водород) начало образовываться примерно через 300 тысяч лет после взрыва.

Что происходит дальше? Образовался нейтральный газ, который под воздействием гравитационного притяжения стал собираться в сгустки, из них по мере охлаждения начали образовываться протогалактики, скопления галактик и в дальнейшем звёзды. Вещество начало эволюционировать от водорода к более тяжёлым элементам. Кислорода изначально не существовало, это продукт горения водорода в празвездах.

Звёзды, взрываясь в процессе эволюции, породили более тяжёлые элементы — кислород, углерод и прочие, благодаря чему образовалась Земля и мы с вами. Словом, мы, люди, как бы это странно ни звучало, являемся продуктами горения звёзд.

Что представляет из себя Вселенная в больших масштабах?

Очень часто возникает вопрос: если был взрыв, значит, должна быть точка, в которой он произошел, центр взрыва во Вселенной. На самом деле, это представление неприменимо для данного процесса. Во Вселенной взорвалось всё и сразу. Чтобы это понять, можно использовать двумерную модель. Мы живём в трёхмерном пространстве, но представим, что оно — двумерное. Вселенную можно представить себе как расширяющуюся поверхность надуваемого шара, а люди, звёзды и галактики — точки на его поверхности. Мы видим, что для такого двумерного мира будет выполняться закон Хаббла. Чем больше расстояние между двумя точками, тем с большей скоростью они удаляются друг от друга. А центр этого расширения находится вне геометрического пространства двумерного мира, в третьем измерении. Примерно то же самое происходит и с нашей Вселенной. Можно сказать, что трёхмерное пространство возникло одновременно с Большим взрывом и постепенно эволюционировало.

В момент возникновения Вселенной и в первые мгновения её существования температура вещества была очень большая. Например, через 100 секунд после взрыва средняя температура достигала миллиарда градусов Кельвина (для сравнения, комнатная температура соответствует примерно 300 градусам Кельвина). Через 300 тысяч лет после образования Вселенной её средняя температура составляла 3000 градусов Кельвина, то есть была в 10 раз выше комнатной. Это точка отсчёта, с которой атомы начали образовываться из электронов и ядер.

Какова Вселенная сегодня?

Вселенная очень однородна. Это не значит, что она везде одинакова, что физические условия на поверхности Земли такие же, как, например, на поверхности Солнца. Это усреднённые параметры Вселенной по большому расстоянию, много большим, чем среднее расстояние между отдельными галактиками. На таких расстояниях температура, средняя плотность вещества и т.д. однородны по всей наблюдаемой Вселенной.

Вселенная расширяется. Сегодня расширение медленное, все расстояния увеличиваются вдвое за 12 миллиардов лет. В прошлом оно расширялась гораздо быстрее. Почему это происходит? Обычно считается, что расширение идет как при химическом взрыве — давление, газы являются источником расширения. Здесь ситуация иная. Вещество во Вселенной расширяется по инерции, после некоего толчка.

В первоначальный момент что-то сильно толкнуло вещество, а дальше началось его гравитационное замедление. Как будто выкинули вверх камень — вначале его скорость максимальна, а потом, по мере торможения в гравитационном поле Земли, его движение замедляется. В какой-то момент расшире-

ние, исходя из этой картины, должно остановиться, и дальше можно ожидать, что она начнет «схлопываться». Эта идея до последнего времени считалась актуальной.

Оказывается, поведение вещества во Вселенной, зависит от того, как устроена Вселенная: сколько в ней в данный момент этого вещества, какова его средняя плотность и т.д.

В физике часто явление, когда большое количество экспериментальных данных и результатов наблюдения объединяются относительно простой идеей. Один из примеров — закон Всемирного тяготения.

Оказывается, притяжение всех тел во Вселенной приводит к тому, что темп расширения уменьшается со временем. Вопрос — чем это закончилось? Здесь идей одного Ньютона недостаточно, без Эйнштейна не обойтись. Он написал обобщенные уравнения Всемирного тяготения, которые справедливы не только при малых скоростях (как у Ньютона), но и при огромных, близких к скорости света, для неограниченно-больших масс и так далее.

Эти уравнения были написаны в 1915 году в рамках Общей теории относительности и совсем из других соображений. Поначалу сам Эйнштейн предполагал, что Вселенная стационарна, в среднем в ней ничего не происходит. Но с открытием закона Хаббла физики начали думать, как же выглядит нестационарная Вселенная? И впервые задачу по динамике расширения Вселенной решил советский учёный, астрофизик, один из первых космологов Александр Фридман. Он показал, что может быть три сценария: первый — Вселенная расширяется до некоторой поры, а потом начинает «схлопываться», второй — продолжает расширяться до бесконечности, а третий вариант — средний между этими двумя случаями. И развитие событий зависит от единственного параметра — средней плотности вещества во Вселенной.

Вначале физики отнесли к этому открытию с недоверием, даже сам Эйнштейн был скептически настроен по отношению к идеям Фридмана. По сути, Фридман решил уравнение Эйнштейна для случая нестационарной Вселенной.

До недавнего времени знания физиков о прошлом Вселенной были сильно ограничены. Основная причина заключалась в отсутствии инструментов, при помощи которых можно было бы все это изучать. Может быть, мы бы до сих пор находились в неведении, если бы два инженера — Роберт Вильсон и Арно Пензиас в конце 40-х — начале 50-х годов не сконструировали радиотелескоп. По сути, это был радиоприёмник, обладающий высокой чувствительностью. Создавая прибор, они обнаружили, что его шум оказался гораздо больше, чем должен был быть по расчёту. Пытаясь выяснить, в чем причина этого шума, они пришли к удивительному открытию — шумит сама Вселенная, непрерывно распространяя радиоволны. Этот шум назвали реликтовым излучением. Реликтовое излучение существовало во Вселенной в момент, когда вещество было ещё в виде плазмы. Свет и электроны находились в тот момент в термодинамическом равновесии, но после того, как плазма охладилась, электроны стали прилипать к протонам, протоны перестали взаимодействовать с веществом, и — свет вдруг отделился от вещества. Дело в том, что нейтральные атомы гораздо хуже взаимодействуют со светом, чем заряженные частицы.

Заряд электрона сам по себе одновременно является источником фотонов. Движущейся электрон легко излучает и поглощает свет, а атомы водорода нейтральны, то есть не имеют в целом заряда, поэтому фактически перестают взаимодействовать со светом. То есть через 300 тысяч лет после образования Вселенной свет стал независимым газом фотонов, который в дальнейшем при эволюции Вселенной расширялся вместе с ней как отдельный независимый объект.

Он остывал до тех пор, пока его температура не стала равна современной температуре этого газа, 2,7 градуса Кельвина. Это микроволновое излучение, радиоволна, но очень высокой частоты, большей чем та, на которой, например, работают сотовые телефоны.

Учёные заинтересовались, насколько

средняя температура излучения зависит от направления света. Оказалось, что она во всех направлениях одинакова. Это говорит о том, что температура плазмы в момент, когда свет оторвался от вещества, тоже была с высокой точностью одинакова повсюду. Однако некие вариации температуры всё же видны и оказывается, что это суперважная величина для понимания устройства современной Вселенной.

Сейчас вариации температуры реликтового излучения хорошо изучены. Характерный угловой размер изменений температуры по небосклону — половина углового градуса. Почему это важно? Оказывается, это параметр, говорящий о средней плотности вещества во Вселенной. Измерив угловые вариации температуры реликтового излучения, мы можем сказать, что средняя плотность вещества во Вселенной соответствует приблизительно пяти атомам водорода в кубическом метре пространства.

А сколько астрономы видят вещества в среднем во Вселенной? Можно посчитать количество звезд, галактик, межзвездного газа и сравнить с полученными нами данными. Вывод получается ошеломляющим. Обычное вещество, которое мы видим при помощи приборов, составляет не более 5 процентов от общего количества. Получается, что физика за время своего существования со времен Галилея и Ньютона изучала лишь 5 процентов того, из чего построена Вселенная.

Перед учёными стоит задача исследовать оставшиеся неучтенными 95 процентов — это неизвестная материя, состоящая из двух типов: темная материя и темная энергия.

Почему мы их разделяем?

Существует несколько вариантов объяснения сущности тёмной энергии: тёмная энергия — это космологическая константа, неизменная энергетическая плотность, равномерно заполняющая пространство Вселенной, или это неизвестное физикам поле, энергетическая плотность которого может меняться в пространстве и времени.

Тёмной материей называется вещество, не видимое глазом, но участвующее в гравитационном взаимодействии. Оно имеет ту же особенность, что и видимое — может собираться в сгустки, окружающие звёзды и галактики. Одна из доминирующих на сегодняшний день гипотез считает, что тёмная материя — это облака холодных, тяжёлых частиц, с массой сотен, а может и тысяч масс протона. Эти частицы возникли на самых ранних этапах Большого взрыва, очень слабо взаимодействуют с обычным веществом и проявляют себя только за счёт гравитационного взаимодействия. Словом, это часть вещества, образовавшаяся в результате гигантского взрыва и сохранившаяся как реликтовая тёмная материя. Возникает вопрос: если эти частицы образовались в момент времени, когда Вселенная имела гигантские температуры, может быть, их возможно получить в лаборатории?

Для этого-то и нужны такие сложные агрегаты, как коллайдеры. Если взять обычное вещество — протоны, разогнать их до больших энергий, столкнуть между собой, то из этого маленького, но плотного сгустка вещества, где энергия столкнувшихся протонов превращается в другие виды материи, с некоторой вероятностью могут возникать и такие тяжёлые частицы.

«Я надеюсь, вы почувствовали гигантские масштабы Вселенной, поняли, что её современное устройство связано с устройством микромира. Со времен Большого взрыва мир сильно изменился, и физики с помощью ускорителей пытаются воспроизвести то, что было вначале, стараясь понять, почему наблюдаемая Вселенная именно такая, и что с ней станет со временем.

Что было до Большого взрыва, науке не известно. И, возможно, не будет известно никогда. Поэтому вопрос о Создателе, который частенько задают учёным, остаётся вопросом веры. Это не научный вопрос, гипотеза, которую нельзя ни опровергнуть, ни доказать», — сказал в заключение Александр Евгеньевич.

Е. Садыкова, «НВС»
Фото В. Новикова