



Действующие лица и исполнители: история барионов

В июльском и августовском номерах, в цикле «Вселенная: материя, пространство, время», мы выяснили, как устроена сцена, на которой разворачивается грандиозный спектакль о рождении и жизни мира, в котором мы сейчас живем. Мы знаем теперь, сколько времени прошло с момента открытия занавеса до наших дней; каковы пространственные и временные рамки сцены и декораций; о том, какие события происходили на этой сцене в течение первых 14 миллиардов лет. Пора теперь рассказать об исполнителях главных ролей в этом спектакле.

Продолжение, начало в № 7.

Отыщи всему начало, и ты многое поймешь.

Козьма Прутков

Видимые свойства того, что мы называем «нашим миром», почти полностью определяются несколькими частицами, из которых этот мир построен. И в масштабах атомных ядер, и в нашей человеческой жизни, и в масштабах Вселенной как единого целого доминирующую роль в наблю-



даемых событиях играют протоны, нейтроны, электроны и электромагнитное излучение, переносчики которого в видимой области спектра называются фотонами, а в области более коротких длин волн — гамма-квантами.

Перечисленные частицы — главные компоненты материи и главные действующие лица в спектакле, разворачивающемся на сцене, устроенной природой из пространства и времени.

Из протонов и нейтронов состоят атомные ядра, которые, обрастая оболочкой из электронов, превращаются в атомы и приобретают способность вступать в химические реакции. Фотоны и гамма-кванты обеспечивают электромагнитное взаимодействие. Практически все, что мы видим, слышим, обоняем и осязаем — как с помощью наших ограниченных в своих возможностях органов чувств, так и посредством микроскопов, телескопов и других сложных приборов, — это материя, которая состоит из атомов или атомных ядер. Для нее принят термин «барионная».

Барионы — это нуклоны (протон и нейтрон) и целый зоопарк гиперонов — частиц, время жизни которых исчисляется стомиллиардными долями миллиардной доли секунды (то есть они живут примерно настолько же меньше секунды, насколько сама секунда меньше времени жизни Вселенной). Гипероны рождаются в ядерных взаимодействиях и немедленно распадаются, они столь нестабильны, что из них ничего не может состоять. Поэтому под барионной материей понимают прежде всего материю, построенную из нуклонов. Протон и нейтрон очень похожи друг на друга, но между ними есть и существенные различия. Протон электрически заряжен и стабилен (время его жизни, во всяком случае, не меньше чем 10^{32} лет, что на 22 порядка больше возраста Вселенной!), нейтрон электрически нейтрален. В свободном виде (вне ядра) нейтрон распадается в среднем за 14 минут 38 секунд, оставляя после

себя протон, электрон и нейтрино (это называется бета-распад). Массы протона и нейтрона почти равны, но все же различаются на 0,14%: $m_p = 1,674 \cdot 10^{-27}$ кг, $m_n = 1,672 \cdot 10^{-27}$ кг.

История барионной материи от момента ее образования и до наших дней — тема этой статьи.

От геоцентризма до Вселенной без центра

Мир, в котором мы существуем, кажется нам стабильным и неизменным. Мы рождаемся, взрослеем, стареем, а Солнце и звезды по-прежнему находятся на своих местах. И в нашем детстве, и в детстве наших самых далеких предков продолжительность года равнялась примерно 365 дням и 6 часам, а расстояние до Солнца составляло 150 миллионов километров. Однако на самом деле Вселенная изменяется, и очень динамично. Просто человеческая жизнь и даже история человечества слишком коротки, чтобы эти изменения заметить.

Примерно 14 миллиардов лет назад случился Большой взрыв, который продолжается до сих пор. Здесь мы не будем касаться вопроса о том, как и почему началось расширение Вселенной, что было до этого и что происходило в течение первых нескольких десятков секунд после начала расширения, — это очень серьезные и интересные проблемы, которые заслуживают того, чтобы стать темой отдельного разговора. Здесь же поговорим о том, откуда известно, что Вселенная расширяется, и о том, как происходило это расширение с примерно сотой секунды после Большого взрыва до сего дня.

Человеческие представления о структуре видимого мира (состоящего из барионной материи) эволюционировали не слишком быстро, но чрезвычайно драматично. Первый шаг от самых древних наивных представлений о плоской, как тарелка, Земле, которая накрыта небесной полусферой, сделал почти 2000 лет назад Клавдий Птолемей. В своем «Альмагесте» он предложил геоцен-

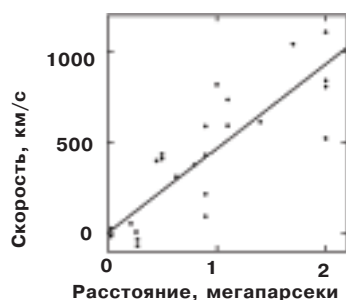
трическую систему мира, в центре которого находится сферическая Земля, а вокруг нее вращаются Солнце, Луна, планеты и сфера с размещенными на ней звездами.

Эта система просуществовала полторы тысячи лет и подверглась пересмотру после опубликования в 1543 году книги Николая Коперника «Об обращениях небесных сфер». Коперник сделал мир гелиоцентрическим, поставив в его центр Солнце, вокруг которого вращаются Земля с Луной, планеты и звезды. Взгляды Коперника встретили серьезное сопротивление. Тогдашнее человечество не было готово жить на одной из планет, вращающейся вокруг центрального светила, оно хотело находиться в центре мироздания. Тем не менее исключительно точные по тем временам наблюдения за движением планет, проведенные датским астрономом Тихо Браге, и количественные объяснения законов обращения планет вокруг Солнца, сделанные на основе этих наблюдений немцем Иоганном Кеплером (см. «Химию и жизнь» 1998, №11, 12, 1999, №1, 5–6), к середине XVII века позволили гелиоцентрической системе завоевать общее признание.

Модель Коперника гораздо ближе к действительности, чем система Птолемея, однако от истины она еще далека. Солнце заменило Землю в центре Вселенной и стало главным, выделенным светилом. Природу же звезд люди понимали все еще довольно смутно — они оставались светящимися точками, расположенными где-то за орбитами планет.

Первую попытку сместить Солнце с привилегированного центрального места сделал итальянец Джордано Бруно уже через 40 лет после смерти Коперника. В своих работах «О бесконечности, Вселенной и мирах» (1584) и «О неизмеримом и неисчислимом» (1591) он высказал предположение, что никакого центра у Вселенной вовсе не существует и, следовательно, в этом центре ничего не находится. Солнце — лишь одна из бесчисленных звезд, вокруг каждой

1
 Этот график зависимости скорости удаления галактики от расстояния до нее Э.Хаббл опубликовал в 1929 году. Точки — данные измерений по 24 галактикам. Прямая линия — аппроксимация



из которых вращаются планеты, подобные Земле и, возможно, обитаемые. Предположение было абсолютно точным. Просто невероятно, как Бруно смог 450 лет назад правильно понять устройство мира, не обладая практически никакой информацией.

Через 150 лет, с работами английского астронома Уильяма Гершеля, окончательно закрепилось понимание того, что Солнце — лишь одна из десятков миллиардов звезд и ничем особенным от остальных звезд не отличается.

Таким образом, человечеству понадобилось 1500 лет для того, чтобы убрать Землю из центра Вселенной, и еще 200 лет для того, чтобы убрать оттуда также и Солнце, отказавшись от представления о центре Вселенной вообще. Еще через 150 лет был сделан следующий серьезный шаг в понимании структуры мироздания. В 1917 году американские астрономы Джордж Ричи и Герберт Кертис высказали предположение, что туманности (туманные расплывчатые пятна, видимые на небе в телескопы) не принадлежат нашей Галактике, а находятся от нее на громадных расстояниях. Более того, эти туманности — точно такие же галактики. Изучая снимки туманности М33 (туманность номер 33 по каталогу Мессье), Ричи и Кертис заметили, что ее спиральные ветви состоят как будто из отдельных звезд. К сожалению, изображения звезд в силу несовершенства тогдашней техники были очень размытыми, поэтому неопровержимо доказать существование далеких систем американским астрономам не удалось.

Это сделал через девять лет, в 1926 году, соотечественник Ричи и Кертиса Эдвард Хаббл, который с помощью 2,5-метрового оптического телескопа-рефлектора (в ту пору крупнейшего в мире) отчетливо увидел отдельные звезды в самой яркой туманности М31 — туманности Андромеды. Предположение Ричи и Кертиса было окончательно доказано. Стало ясно, что звезды во Вселенной распределены не равномерно, а сконцентрированы в га-

лактиках, пространство между которыми практически пусто. Расстояние между галактиками при этом в десятки и сотни раз превышает их размеры.

Вот так сложилось более или менее окончательное представление о структуре Вселенной. «Более или менее» — потому что позднее выяснилось также, что и галактики имеют тенденцию собираться в скопления, где их плотность во много раз превышает плотность галактик вне скоплений. Но в рамках нашего рассказа это можно считать не слишком существенными деталями.

Вселенная эволюционирует!

Крупномасштабная структура барионной материи во Вселенной стала ясна 80 лет назад. Но картина мира была статичной. И вот все тот же неутомимый Эдвард Хаббл в 1929 году придал этой картине динамику. Продолжая наблюдения за несколькими сотнями галактик, он обнаружил поразительную вещь — линии в спектрах почти всех галактик оказались смещены в красную длинноволновую область. Единственной интерпретацией этого факта мог быть эффект Доплера — увеличение длины волны, излучаемой удаляющимися объектами. Причем, в соответствии с измерениями Хаббла, чем дальше от нас галактика, тем больше так называемое «красное смещение» и, следовательно, скорость, с которой галактика от нас удаляется. Расстояние до галактик Хаббл определял с помощью так называемых Цефеид — маяков Вселенной. Это звезды, светимость которых меняется со временем, причем чем больше период, тем сильнее светимость. Измеряя видимый блеск звезды-Цефеиды в другой звездной системе и зная (по периоду изменения светимости) полное количество света, излучаемого ею, можно определить расстояние до звезды. Хаббл понял, что галактики разбегаются друг от друга! Это открытие стало первым (но не един-

ственным) свидетельством Большого взрыва. Разделив расстояние до галактики на скорость ее удаления от нас, можно получить время, которое прошло с тех пор, как вся Вселенная была собрана в одной точке — время, которое прошло после начала Большого взрыва. По последним данным получается 14 млрд. лет.

В 1965 году американские физики Арно Пензиас и Роберт Вилсон открыли реликтовое излучение — электромагнитные волны, излученные на ранних стадиях расширения Вселенной. Это открытие стало исторически вторым прямым свидетельством Большого взрыва. Спектр реликтового излучения соответствует спектру излучения абсолютно черного тела с температурой 2,725 К. Интенсивность этого излучения одинакова в любом направлении с точностью до 0,001%. Реликтовое излучение предсказали Георгий Гамов, Ральф Альфер и Роберт Герман в 1948 году на основе созданной ими первой теории горячего Большого взрыва. Гамов предсказал температуру излучения — 3 Кельвина («Physics Today», 1950, № 8).

К наиболее серьезным косвенным свидетельствам Большого взрыва можно отнести наблюдаемую крупномасштабную структуру скоплений галактик и распространенность во Вселенной химических элементов. Предсказания наблюдаемой структуры Вселенной и распространенности элементов, сделанные на основе модели Большого взрыва, хорошо согласуются с экспериментальными данными (об этом чуть подробнее будет сказано ниже).

Так в течение нескольких столетий человечество постепенно пришло к динамической картине эволюционирующего мира. Посмотрим теперь, как именно происходила эта эволюция.

Что было в начале?

Рассказ о первых секундах Большого взрыва, определивших развитие Вселенной вплоть до нашей эпохи, об инфляционных моделях, о причинах начала расширения и о том, что было до этого, занял бы слишком много места. Описание эволюции нашего мира мы начнем с сотой секунды.

Когда минули первые сто секунд после Большого взрыва, Вселенная была неизмеримо меньше нынешней (примерно в сто миллионов раз), никакой структуры (звезд, планет, галактик, скоплений галактик) не существовало. Но в целом «та» Вселенная была уже очень похожа на сегодняшнюю. Количество протонов, ней-



тронов (барионной материи) и квантов электромагнитного излучения было таким же, как сегодня, — на один барион приходилось (и приходится) примерно миллиард фотонов. Разница была лишь в том, что материя заполняла только что родившуюся Вселенную почти равномерно, не создавая никакой структуры. Стоит отметить, что все наблюдаемое сегодня барионное вещество — лишь мизерная, примерно миллиардная часть барионной материи, существовавшей когда-то, на ранних стадиях Большого взрыва. Дело в том, что барионы и антибарионы в ранней Вселенной образовывались почти в равных количествах, но барионов по каким-то не вполне до сих пор понятным причинам было чуть больше — на каждый 1 000 000 000 антинуклонов приходился 1 000 000 001 нуклон. Вот эти «миллиард первые» нуклоны и остались после того, как остальные нуклоны аннигилировали попарно с антинуклонами. Не будь этого одномиллиардного избытка, аннигиляция прошла бы полностью, и современному миру просто не из чего было бы состоять — барионов во Вселенной не осталось бы. Химический состав барионной материи был таким: на 12 протонов (ядер водорода) приходилось одно ядро гелия-4, состоящего из двух протонов и двух нейтронов. Примерно через 400 тысяч лет после Большого взрыва Вселенная остыла до температур, меньших, чем энергия связи электронов и ядер. Стало возможным существование атомов, состоящих из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов. С появлением стабильных атомов возникла и возможность химических реакций. Но более тяжелых элементов, из которых могли бы быть построены, например, планеты и существа, населяющие их, — прежде всего кислорода, углерода и кремния, — практически не было, не считая микроскопической примеси лития, бора и бериллия. Как же этот однородный горячий шар, состоящий из легких элементов, превратился в тот неоднородный мир, который мы наблюдаем сегодня?

Формирование структуры Вселенной

Прежде всего, зародыши неоднородности в расширяющейся Вселенной существовали изначально. Их происхождение и природа до сих пор не ясны. Очевидно только, что Вселенная никогда не была абсолютно однородной, а только почти однород-

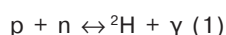
ной, и именно это неизвестно откуда возникшее «почти» стало причиной формирования звезд, галактик и планет. Не будь его, плотность вещества в современную эпоху оставалась бы одинаковой в любой точке Вселенной. Устройство мира было бы простым, но безумно скучным, лишённым форм и структур.

С развитием компьютерной техники и появлением мощных процессоров стали возможны сложные, громоздкие расчеты, моделирующие развитие систем, которые состоят из огромного числа гравитационно взаимодействующих частиц. Компьютерное моделирование Большого взрыва показывает, что благодаря изначальным микроскопическим неоднородностям плотности вещества, заполняющего Вселенную, примерно через сто тысяч лет после начала Большого взрыва материя разбилась на гигантские газовые сгустки (ставшие впоследствии скоплениями галактик). Эти протоскопления разделились на меньшие образования, из которых затем сформировались галактики. Последние, в свою очередь, разделились на звезды. Так возникла наблюдаемая в нашу эпоху структура Вселенной. Существенная неоднородность сегодняшней Вселенной и ее структура обусловлены первоначальными микроскопическими неоднородностями.

Откуда взялись тяжелые ядра

Но как возникли тяжелые элементы, которых первоначально в расширяющемся газовом шаре не было? Главную роль в нуклеосинтезе (синтезе атомных ядер) играли термоядерные реакции, протекающие в недрах звезд, где температура и плотность вещества достаточно высоки для протекания таких реакций. Все или почти все тяжелые элементы образовались в звездах.

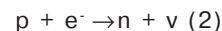
А было это так. Сформировавшиеся из первоначального, почти однородного барионного вещества газовые сгустки — протозвезды — состояли из ядер водорода (протонов) с примесью ядер гелия. Под действием сил притяжения между отдельными ядрами сгустки сжимались. Температура и плотность в центральных областях при этом повышались. В какой-то момент (его можно считать моментом рождения звезды) температура достигает значений в десятки миллионов градусов, при которых возможна реакция (1): протон p сли-



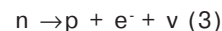
вается с нейтроном n , образуя ядро дейтерия ${}^2\text{H}$, состоящее из двух нуклонов:

При этом испускается гамма-квант γ ; ему предстоит долгий путь из ядра звезды до ее поверхности, который может занимать миллион лет и больше. Многократно поглощаясь ядрами и переизлучаясь, гамма-квант дойдет до атмосферы звезды, затем покинет ее и уйдет в космическое пространство. Именно благодаря гамма-квантам, образованным в термоядерных реакциях, звезды (в том числе и Солнце) могут светить — излучать энергию, которая по крайней мере в одном известном нам случае служит для поддержания жизни. Непрерывный «термоядерный взрыв» внутри звезды компенсирует гравитационные силы, стремящиеся ее сжать: звезда оказывается в состоянии неустойчивого равновесия.

Но вернемся к реакции (1). Здесь необходимы некоторые пояснения. Откуда в ядре звезды появляются нейтроны, без которых она невозможна? Как уже было сказано, свободные нейтроны нестабильны и вскоре распадаются. Казалось бы, за миллионы лет, отделяющие момент начала Большого взрыва от формирования первых звезд, их не должно было остаться. Так оно и есть, однако при столкновениях протонов с электронами по реакции (2) постоян-

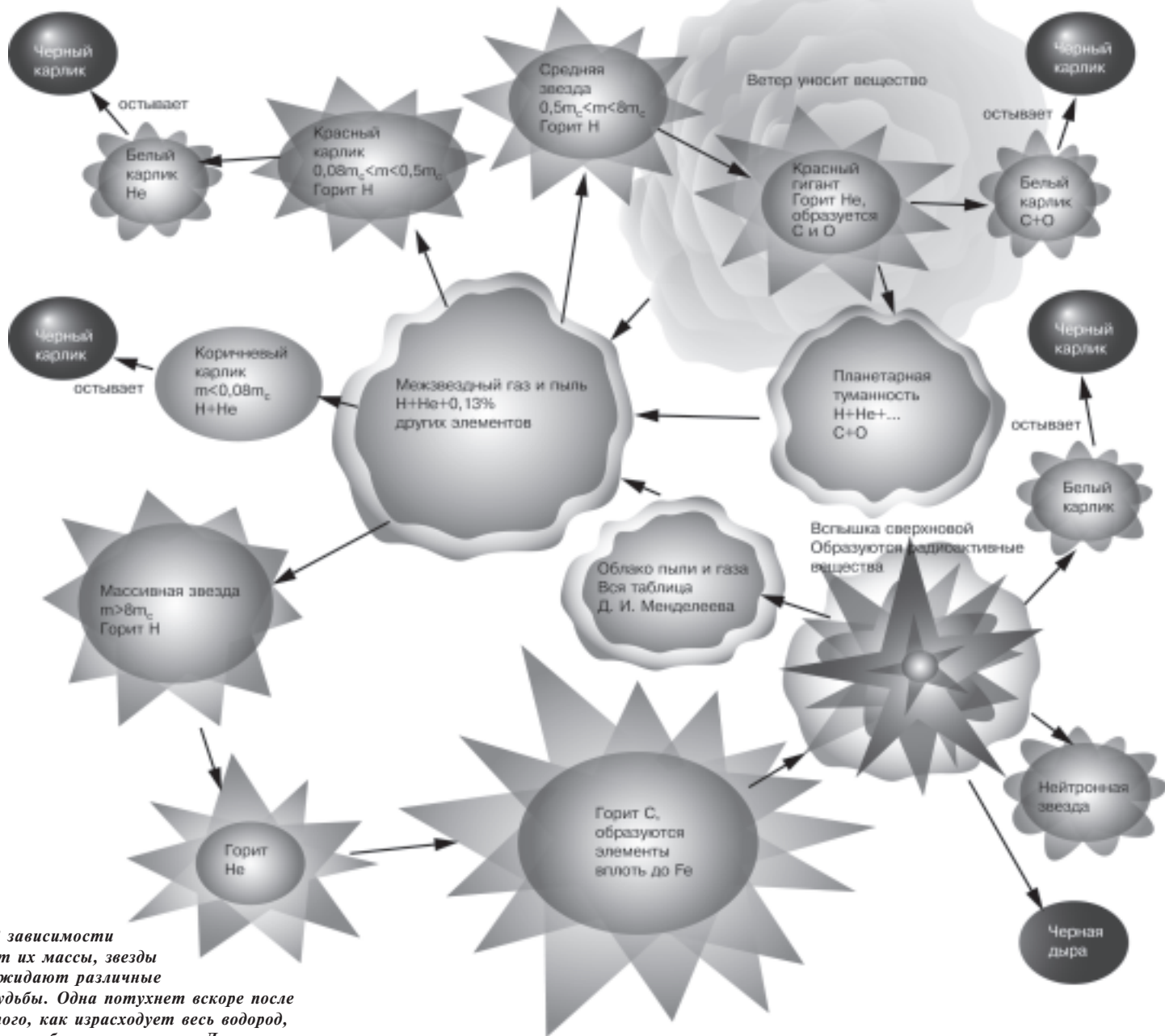


но рождаются новые нейтроны с испусканием нейтрино ν . Динамическое равновесие с реакциями β -распада (3) поддерживает фракцию нейтро-



нов в звездном ядре на уровне примерно 15%.

Стоит еще сказать, что будь крошечная (0,14%) разница в массах нейтрона и протона хоть немного другой, то основа энергии звезд, реакция образования ядер дейтерия, была бы или невозможна, или шла бы слишком интенсивно. Например, будь протон тяжелее нейтрона, то распад нейтрона на протон, нейтри-

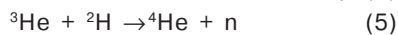
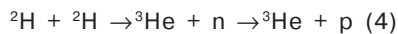


2
 В зависимости от их массы, звезды ожидают различные судьбы. Одна потухнет вскоре после того, как израсходуется весь водород, или вообще не загорится. Другая же последовательно сожжет все горючие материалы – водород, гелий, углерод, а потом, породив огромное облако пыли и газа во взрыве сверхновой, обернется черной дырой. А облако послужит сырьем для образования новой звезды, в состав которой войдет уже больше тяжелых элементов. Вот так, со взрывами и рожденьями звезд идет круговорот химических элементов во Вселенной

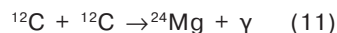
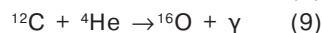
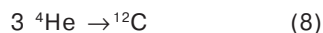
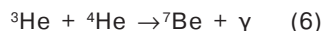
но и электрон был бы запрещен законом сохранения энергии. И в том, и в другом случае в сегодняшнем мире не было бы ни нашей планеты, ни нас с вами.

Двусторонняя стрелка в записи реакции (1) означает, что она протекает в обе стороны: образовавшийся при реакции протона с нейтроном дейтерий в конце концов снова рас-

падается под воздействием гамма-квантов, поскольку его энергия связи очень мала, но до этого он успевает поучаствовать в реакциях (4–5) синтеза гелия-3 и гелия-4:



Образовавшийся гелий стабилен и дает начало цепочке термоядерных реакций (6–13),



которые и порождают первые, вплоть до железа, элементы таблицы Менделеева (здесь приведен, конечно, далеко не полный перечень реакций). Более тяжелые ядра возникают главным образом за счет захвата нейтронов. Например, стабильное ядро кадмия-114 при столкновении со свободным нейтроном образует нестабильное ядро кадмия-115, которое в среднем через 54 часа посредством бета-распада переходит в ядро стабильного изотопа индия-115.

Но что же случится, когда весь водород в центре звезды «выгорит»? Какое время термоядерное горение, которое противодействует силам тяготения, стремящимся сжать звезду, будет продолжаться за счет «гелиевых» реакций. Когда же и они исчерпают себя (подробности см. на рис. 2), звезда либо

сжимается и превращается в белый карлик, сбросив при этом наружную оболочку, либо взрывается (так называемая сверхновая звезда), выбрасывая в космос существенную часть своей массы (около 0,3—1 солнечных масс), которая движется со скоростью около 10 тысяч километров в секунду. При этом тяжелые элементы, накопленные в звезде за время ее жизни, попадают в межзвездное пространство, формируют газовые скопления, из которых потом образуются звезды следующего поколения, некоторые из них — с планетными системами. Наше Солнце представляет собой звезду третьего поколения, родившуюся примерно 5 миллиардов лет назад (именно благодаря этому у Солнца смогла появиться планетная система, состоящая из тяжелых элементов, которые были наработаны звездами предыдущих поколений).

Вот так или примерно так за 14 миллиардов лет, отделяющих нас от момента Большого взрыва, быстро расширяющееся облако протонов и ядер гелия утратило однородность и эволюционировало в структурированную Вселенную, в которой есть галактики, звезды, планеты, Солнце и мы с вами.

Важные мелочи

Обратите внимание на выдающуюся роль самых разных «почти» и «чуть-чуть» в истории барионной материи, из которой состоит видимый мир. Барионов в ранней Вселенной было всего на 0,0000001% больше, чем антибарионов, и это позволило сохранить достаточно барионной материи, чтобы из нее можно было построить современную Вселенную. Масса нейтрона едва заметно, на 0,14%, больше массы протона — и становится возможным существование стабильных ядер и протекание реакций термоядерного синтеза, в которых образуются тяжелые элементы. Вещество в молодой Вселенной после Большого взрыва распределено почти равномерно, неоднородности в плотности имеют микроскопический масштаб, но эти первоначальные малости позволили в конце концов сформировать галактики, звезды и планеты. Благодаря всем этим «чуть-чуть» существует мир, в котором есть мы.

И последнее. Мы с вами сделаны из вещества, некогда образовавшегося в недрах звезд. Мы — звездные люди. Все до одного. Вне зависимости от возраста, национальности, религиозных и политических убеждений. Давайте постараемся никогда не забывать об этом.



Джордано Бруно: «Кто догоняет меня, кусает меня...»



АРХИВ

История развития представлений о Вселенной полна драматических моментов, причем это характерно не только для средневековья, но и для современности. Однако никто лучше не скажет о накале борьбы за истину, чем классик, знающий эту борьбу не понаслышке. Вот письмо Джордано Бруно, которое он предпослал своим диалогам «О бесконечности, вселенной и мирах» («Диалоги». М.: Госполитиздат, 1949)

Вступительное письмо, написанное знаменитейшему синьору Микелло ди Кастельново, синьору ди Мовисьеро, Конкресальто и ди Жонвилля, кавалеру ордена христианнейшего короля, советнику его тайного совета, капитану 50 солдат и послу у светлейшей королевы Англии

Если бы я, знаменитейший кавалер, владел плугом, пас стадо, обрабатывал сад или чинил одежду, то никто не обращал бы на меня внимания, немногие наблюдали бы за мной, редко кто упрекал бы меня, и я легко мог бы угодить всем. Но я измеряю поле природы, стараюсь пасти души, мечтаю обработать ум и исследую навыки интеллекта — вот почему кто на меня смотрит, тот угрожает мне, — кто наблюдает за мной, нападает на меня, — кто догоняет меня, кусает меня, — кто меня хватает, пожирает меня; и это не один или немногие, но многие и почти все. Если вы хотите понять, откуда это, то я вам скажу, что причиной этого окружение, которое мне не нравится, чернь, которую я ненавижу, толпа, которая не удовлетворяет меня; я влюблен в одну, и благодаря ей я свободен в подчинении, доволен в муках, богат в нужде и жив во смерти; благодаря ей я не завидую тем, которые являются рабами в свободе, мучаются в наслаждениях, бедны в богатствах и мертвы в жизни: ибо в теле они имеют цель, которая их связывает, в духе — ад, который их угнетает, в душе — заблуждение, которое их заражает, в мысли — летаргию, которая их убивает; и нет великодушия, которое их освободило бы, долготерпения, которое их возвысило бы, сияния, которое их осветило бы, знания, которое их оживило бы. Отсюда происходит то, что я не отступаю, подобно усталым, с крутого пути; и, подобно тоскующим, я не отказываюсь от дела, которое мне представляется; и, подобно отчаявшимся, я не поворачиваюсь спиной к неприятелю, который противостоит мне; подобно заблуждающимся, не отворачиваю очей от божественного предмета; а между тем меня большей частью считают софистом, который больше стремится казаться тонким, чем быть правдивым; честолюбцем, который больше стремится основать новую и ложную секту, чем подтверждать старую и истинную; искусителем, который добывает блеск славы, распространяя тьму заблуждений; беспокойным умом, который опрокидывает здания здравых дисциплин и создает орудия разврата. Поэтому, синьор, пусть святые божества уничтожат всех тех, которые несправедливо ненавидят меня, пусть будет ко мне всегда благосклонным мое божество, пусть будут ко мне благоприятными все правители нашего мира, пусть звезды приготовят такой посев для поля и такое поле для посева, чтобы из моего труда выросли полезные и славные плоды для мира, которые раскрыли бы дух и пробудили бы чувства у лишенных света; я ж, конечно, не измышляю чего-либо и, если и заблуждаюсь, то не думаю на самом деле, что заблуждаюсь; когда я говорю или пишу, то спорю не из любви к победе самой по себе (ибо я считаю всякую репутацию и победу враждебными Богу, презренными и лишенными вовсе чести, если в них нет истины), но из любви к истинной мудрости и из стремления к истинному созерцанию я утомляюсь, страдаю и мучаюсь. Это докажут убедительные аргументы, которые зависят от живых оснований, которые происходят от упорядоченных чувств, которые получают сведения не от ложных образов, но от истинных, отделяющихся от природных предметов, подобно верным посланцам; они представляются наличными для тех, кто их ищет, открытыми для тех, кто на них смотрит, ясными для тех, кто их изучает, достоверными для тех, кто их понимает. И вот я вам представляю мои соображения о бесконечности, вселенной и бесчисленных мирах.