

Содержание

От автора

Предисловие. В предчувствии научной революции

Глава 1. Что же было в начале начал?

1.1. Теория Большого Взрыва

1.1.1. Нестационарные миры Александра Фридмана

1.1.2. Закон Хаббла-Леметра

1.1.3. Георгий Гамов: физик от бога

1.2. Инфляционная космология: путь к истине?

Глава 2. История эфира

2.1. Пятая сущность

2.2. В ореоле света и величия

2.3. Прощай, эфир!?!..

Глава 3. Этот квантовый, квантовый, квантовый, квантовый мир

3.1. О физике микромира

3.2. Явление вакуума

3.3. “Сетка” эфиров

Глава 4. Модель физического вакуума

4.1. cGh – подход в физике

4.2. Эфирон – первичастица Вселенной

4.3. Дискретное пространство-время

4.4. Самая знаменитая формула физики

4.5. “Братья” эфирона

Глава 5. Сценарий Большого Взрыва

5.1. Материализация эфиронов

5.2. Рождение Вселенной как фазовый переход

Глава 6. Квантовая гравитация: новый взгляд

6.1. Теория Фатио-Лесажа

6.2. Квантово-релятивистская форма закона Всемирного тяготения

6.3. Квантовый механизм действия гравитации

6.4. Яблоко Ньютона

Глава 7. Лик светоносного эфира

7.1. Что есть свет?

7.2. Физический смысл постоянной тонкой структуры

Глава 8. О темной материи

8.1. Нерелятивистская квантовая гравитация

Вместо заключения. Темные сущности физики и гесиодовский миф творения

Жене Галине и сыну Дмитрию

ОТ АВТОРА

В науке я прослыл поэтом,
Среди поэтов – я ученый...

А.Л. Чижевский

Мир науки – безграничный “океан” теорий, гипотез, фактов, сведенных воедино трудом наиболее выдающихся представителей человечества. Его содержательная многоплановость поражает всякого, кто хотя бы однажды соприкоснулся с ним. В каждом достижении науки отражен бессмертный гений творчества лучших умов человечества. Но, как и в любом наборе систематизированных правил и утверждений, в этом мире есть свои вершинные взлеты, “жемчужины коллекции”. Теория Большого Взрыва, раскрывающая этапы рождения и формирования нашей Вселенной, безусловно, одна из них.

Положения этой ключевой для космологии теории выкристаллизовывались в течение XX века. Физики выяснили и убедительно доказали, что начальное состояние Вселенной представляло сверхплотную микроскопическую область, ее еще называют точкой сингулярности (от лат. *singularis* – “единственный, особенный”). В следующие моменты времени Вселенная начала расширяться, что и продолжает делать до сих пор. Инициация этого устойчивого движения из точки сингулярности во внешнее пространство получила название Большого Взрыва. По современным оценкам он произошел 13,8 миллиардов лет назад.

На сегодняшний день теория Большого Взрыва получила всеобщее признание. Вместе с тем представления ученых о первых актах вселенской драмы еще не вполне ясны. Теория Большого Взрыва отнюдь не являет собой пример законченного знания. Остается ряд серьезных вопросов, и они будут обсуждаться в книге. Но среди “белых пятен” есть и такие, которых физики-теоретики предпочитают не касаться. Что было до Большого Взрыва? Какое состояние Мира предшествовало ему? Как устроен первичный вакуум? Как внутри него возникла точка сингулярности, и можно ли предложить для нее адекватную физическую модель? Эти и близкие им по содержанию вопросы (число их заведомо больше) и составляют, на взгляд автора, тайну Большого Взрыва.

Исследователи, идущие дорогой Эйнштейна (столбовой аллеей современной физики), мыслят пространство пустым. Вдохнуть в него “жизнь”, способность к развитию и направленную эволюцию они пытаются путем увеличения числа измерений пространства. В теории струн, претендующей на разгадку внутренней природы первичного вакуума, их число равно одиннадцати. Пока это предел, но нет уверенности, что теоретики в дальнейшем не захотят превысить этот рубеж.

У каждой научной дисциплины, тем более, основанной на математике, есть своя логика, и мы не исключаем, что путь геометризации физики и поиска изначального устройства вакуума в виде скрученных многомерных пространственных “сущностей” (струн) в конечном итоге приведет к строго выстроенной картине рождения физической реальности. Но очевидно, что погружение в 11-мерное пространство вряд ли

добавит сколько-нибудь ясного осознания, как же в действительности возник наш мир. Здесь мы вправе сослаться на интуицию, которая подсказывает, что первичные сущности не должны быть умопомрачительными “конструкциями”, и формирование материальных начал шло от простых форм к более сложным (в плане математического описания) и более совершенным (в плане набора физических свойств). Мы, безусловно, признаем за геометрическими изысканиями одну из тропок постижения реальности, но думаем, что она не является оптимальной, и, уж во всяком случае, наиболее простой и доступной для понимания. Из Москвы в Петербург можно попасть напрямую, а можно в обход, например, через Владивосток. Оба маршрута, разумеется, ведут к конечному успеху, но первый из них следует признать более удобным и приемлемым для путешественников.

Настоящая книга предлагает взглянуть на тайну Большого Взрыва с иных позиций. Первичный вакуум (или то, что мы подразумеваем под физическим пространством) не является пустым и бессодержательным. Иначе, как из него могло родиться нечто сущее? Материя и физические поля являются его порождениями, и он несет в себе те изначальные сущности, из которых и сформировалось все наблюдаемое нами многообразие вещей. Нет никакой нужды плодить дополнительные измерения, искривлять пространство и искать элементы бытия в его складках.

Центральная тема книги – природа физической субстанции, под которой понимается та изначальная “пустота”, которая существовала в начале начал, до момента Большого Взрыва (возникновения нашего мира). В такой постановке проблема Большого Взрыва еще не рассматривалась. Эта пустота обладает, очевидно, определенными свойствами. Более того, она существовала в чистом виде до Большого Взрыва, была реальностью, явью – первичным космическим вакуумом. Выяснение его возможной природы – это, в том числе, серьезнейшая мировоззренческая проблема, напрямую связанная с созданием теории квантовой гравитации и прояснением загадочной реальности новейшего естествознания – темной энергии. Им в книге тоже дается оригинальное объяснение.

Теперь о форме изложения. Академик Игорь Ростиславович Шафаревич в статье “Из истории естественнонаучного мировоззрения”, говоря о процессе рождения классического естествознания в XVI-XVII вв., прозорливо отметил: “Создатели этого нового естествознания вполне отдавали себе отчет в том, какой огромный переворот в науке они совершают. Галилей, например, писал свои работы, в основном, в популярной, доходчивой форме, в виде беседы нескольких человек, не на общепринятом тогда языке науки – латыни, а на народном, итальянском языке, явно стремясь пропагандировать свои идеи”. Следуя примеру великого итальянца, я излагаю свои идеи в популярной форме.

Анатолий Абрашкин,
октябрь, 2020 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В предчувствии научной революции

Коль трещать начнут стропила,
Стройте сразу новый дом,
Чтоб с женой, детьми, скотом
Крыша вас не придавила.

Н. Ленау

Звездное небо – завораживающая картина, мир, совсем не похожий на земной. Что может быть более достойным для созерцания, чем небосвод с движущимися по нему светилами? Это прекрасно выразил древнегреческий философ Анаксагор. На вопрос, для чего человеку лучше родиться, чем не родиться, он ответил: “Чтобы созерцать небо и устройство всего космоса”. Современному человеку эта романтическая установка не очень подходит, он озабочен, прежде всего, земными проблемами и обращает свой взгляд к ночному небу, разве что, оказавшись на отдыхе в деревне. Здесь оно, свободное от городской подсветки, предстает в своем первозданном величии. В культовой советской песне из фильма Леонида Гайдая “Кавказская пленница” есть такие строки:

Трутся об ось медведи,
Кружится Земля.

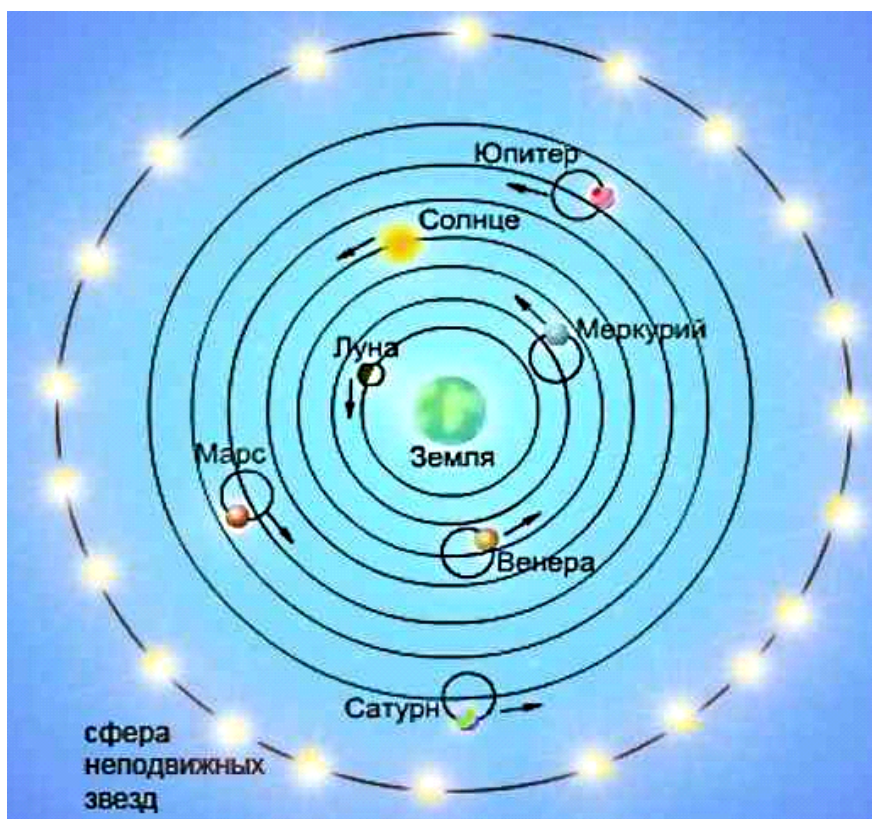
Слушая песню более полувека, я только совсем недавно осознал, что у этих строк есть естественнонаучный подтекст. Полярные мишки, крутящие земную ось, - это два важнейших созвездия северного неба – Большая и Малая Медведицы. Признаюсь, мне крайне неловко говорить об этом своем прозрении: настолько теперь очевидна мысль поэта. Но это как раз и отражает тот факт, что в нас доминируют земные образы, и мало, в ком еще сохранилась “детская” любознательность, свойственная первым астрономам древности.

Закидывая голову вверх, не имея никаких приспособлений для изучения Космоса, они с великим упорством пытались понять его устройство. Первыми в Греции стали наблюдать небо пифагорейцы (VI в. до н.э.). Они знали о существовании пяти планет и пытались найти числовые закономерности, лежащие в основе небесного устройства. В центре мира у них находилась Земля, вокруг нее вращались пять планет – Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн (лишь их можно было увидеть невооруженным глазом), а также Солнце и Луна, которые включались греками в число планет. Планеты меняли свое положение относительно звезд, и потому назывались еще блуждающими звездами.

Внешней границей греческого Космоса выступала сфера неподвижных звезд. Аристотель и его последователи полагали, что выше нее нет ничего, даже пространства, стоики считали, что там находится бесконечное пустое пространство, а атомисты вслед за Демокритом считали, что за нашим миром (ограниченным сферой неподвижных звезд) находятся другие миры.

Греческая астрономия стала важнейшей составной частью античной науки. Ее оформление как системы знаний, основанной на строгих положениях – аксиомах, произошло в VI-V вв. до н.э. Историки науки связывают этот временной этап с первой научной революцией (возникновением науки в современном понимании).

Зачинатели греческой астрономии (Пифагор, Платон и др.) постулировали, что планеты равномерно движутся по окружностям вокруг Земли. Согласно представлениям того времени, окружность считалась совершенной кривой, а сфера – совершенным телом. Поскольку небесные тела, по общепринятому тогда мнению, имели божественную природу, то им подобало двигаться только по совершенным с геометрической точки зрения траекториям. У Пифагора это были окружности. Евдокс Книдский (IV в. до н.э.) предложил более совершенную модель, в которой движение планет моделировалось посредством вращения нескольких, вложенных друг в друга сфер с общим центром (теория гомоцентрических сфер). Но уже сами греки обратили внимание, что яркость планет меняется. Это означало, что они, то приближаются к Земле, то удаляются, и, следовательно, не могут двигаться по поверхности сфер.



Илл. 1. Схема геоцентрической системы мира.

Астроном Клавдий Птолемей, работавший в Александрии во II веке, подвел итоги работ древнегреческих астрономов, а также собственных наблюдений и построил более сложную теорию движения планет. Для достижения соответствия расчетов и наблюдений

Птолемей отказался от концентрических сфер. Простая схема движения по окружностям усложнялась введением эпициклов. Птолемей предположил, что планета вращается по малой окружности (эпициклу) с постоянной скоростью, а центр эпицикла равномерно движется по большой окружности – деференту, в центре которого находится Земля (илл. 1). Но все эти усовершенствования все равно не давали необходимого соответствия с наблюдениями, и Птолемеему пришлось придумывать новые способы расчета движения планет. Не изменяя системе эпициклов, состоящей в сложении круговых движений, он разработал хитроумную схему выбора нового центра деферента (экванта), который теперь уже не совпадал с Землей. Как следствие, движение по большой окружности (смещенному деференту) становилось неравномерным относительно земного наблюдателя. Для описания вновь открываемых неравномерностей в движениях Луны или планет вводились новые дополнительные эпициклы — вторые, третьи и т.д. Система Птолемея разлагала сложные элементы движений на простые и правильные (о чем мечтал еще Платон) и позволяла вычислять сложные петлеобразные пути планет, их ускорения и замедления, стояния и попятные движения, т. е. их положение на небесной сфере на любой момент времени. Для этого Птолемей составил впервые в истории астрономии планетные таблицы, по которым можно было заранее определять положение планет с весьма высокой по тем временам точностью – до 10 угловых минут. Преимущество системы Птолемея было в том, что она давала очень точное соответствие с наблюдениями. Однако такая система в целом стала настолько громоздкой, что ее концепция фактически противоречила идеализированному представлению о равномерном движении по окружности, как исходному посылу, самой философии о геометрическом совершенстве Вселенной. Поэтому многие мыслители, философы и астрономы время от времени высказывали сомнения в справедливости системы Птолемея.

Все математические проблемы античной астрономии проистекали из постулата о центральном месте нашей планеты во Вселенной. В противовес этой геоцентрической точке зрения, гелиоцентрическая система мира исходит из представления о том, что Солнце является центральным небесным телом, вокруг которого вращается Земля и другие планеты. Впервые ее предложил в начале III в. до н.э. Аристарх Самосский. Он пришёл к гелиоцентризму исходя из установленного им факта, что Солнце по размерам много больше Земли. Естественно было предположить, что меньшее тело обращается вокруг большего, а не наоборот. Идея центрального положения Солнца, однако, была слишком революционной для того времени. В Средние века гелиоцентрическая система мира была практически забыта, и получила широкое распространение только в XVI-XVII вв.

Рождение гелиоцентризма связывают с выходом в 1543 году книги Николая Коперника “О вращении небесных сфер”. Как гласит легенда, автор получил первую копию своей первой и единственной книги, лёжа на смертном одре. Коперник откладывал издание своей книги столь долго, сколько это было возможно, но причиной тому были не гонения со стороны католической церкви, которая была его единственным работодателем на протяжении всей жизни и поддерживала в подвижничестве. Сам Папа Римский проявлял интерес к его новым идеям. Более вероятно, что Коперник просто боялся спровоцировать полемику и публичное осмеяние своих взглядов, которые шли вразрез как со здравым смыслом, так и с устоявшимися научными знаниями. Люди, далекие от науки, наивно верят, что все без исключения ученые заинтересованы в новых идеях и теориях, способствующих прогрессу понимания. Это утопия, не имеющая ничего общего с реальностью. Можно быть уверенным, что астроном был бы ещё более нетороплив, если бы знал, к какому решительному перевороту в науке приведет его книга. Ведь, не считая

перемены ролей между Солнцем и Землёй, большинство шагов, которые привели к сдвигам в понимании Вселенной, не были даже упомянуты в его книге. Смерть избавила его от изрядного потока критических стрел, ибо для гениев, разрушающих сложившуюся картину науки, нет более нетерпимых критиков, чем сами ученые.

Дэвид Вуттон в книге “Изобретение науки” пишет по этому поводу: “Астрономы всей Европы с большим интересом отнеслись к идеям Коперника, но почти все, за редким исключением, считали очевидным, что теория движущейся Земли неверна. Если бы Земля двигалась, мы бы это чувствовали; мы же чувствуем ветер, дующий в лицо. Предмет, падающий с высокой башни, отклонялся бы к западу. Ядро, выпущенное из пушки на запад, пролетело бы дальше, чем выпущенное на восток. Поскольку ничего такого не наблюдалось, ведущие астрономы – Эразм Рейнгольд (1511-1553), Михаэль Местлин (1550-1631), Тихо Браге (1546-1601), Христофор Клавдий (1538-1612) и Джованни Маджини (1555-1617) – были уверены, что Коперник ошибается. Тем не менее, они восхищались простотой его метода вычислений и вдохновлялись мыслью о возможности отказа от эквантов. Все сохранившиеся экземпляры первого (1543) и второго (1566) изданий трактата “О вращении небесных сфер” в настоящее время тщательно изучены, чтобы выявить все комментарии на полях, оставленные первыми читателями. В результате мы с большой достоверностью можем сказать, что им нравилось, а что нет, что они считали правдоподобным, а что невероятным. Им нравился математический аппарат Коперника, но они не рассматривали его в качестве научной истины. Они читали трактат, следуя рекомендациям вступительного письма (теперь мы знаем, что оно было написано Озиандером и включено в книгу без разрешения Коперника), то есть как чисто гипотетическую конструкцию. Насколько нам известно, в 1583 г. во всей Европе нашлось только три прославленных астронома, которые согласились с утверждением Коперника, что Земля вращается вокруг Солнца: в Германии Христоф Ротман (он не публиковал своих работ и в конечном итоге отказался от теории Коперника), в Италии Джованни Бенедетти (в 1585 г. он опубликовал несколько фраз, посвященных этому вопросу), а в Англии Томас Диггес (который в 1576 г. опубликовал работу, поддерживавшую работу Коперника)”. Копернику надо было бы прожить еще 33 года, чтобы дождаться выхода книги Диггеса – первой “ласточкой” его будущего триумфа.



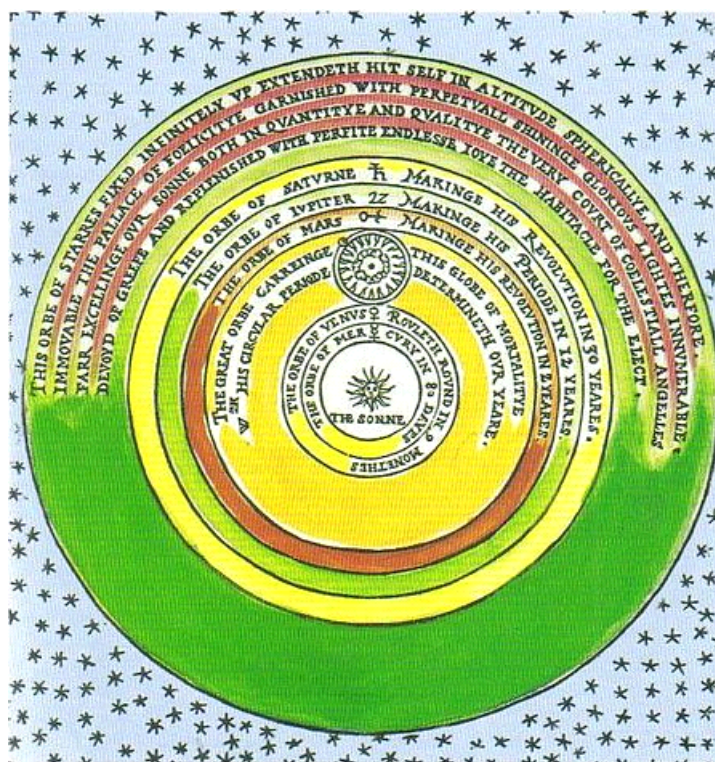
Илл. 2. Джордано Бруно.

Уровень травли, которой подвергнулся бы творец теории гелиоцентризма, проживи он дольше, можно представить, проследив судьбу Джордано Бруно (1548-1600). Преподаватели Оксфорда изгнали его после трех лекций под предлогом заимствования им идей у Фичино, философа эпохи Возрождения, последователя Платона (который обожествлял Солнце). Но основная причина запрета, конечно же, состояла в проповедуемых им идеях, а они опирались на учение Коперника. Бруно пронес восхищение великим польским астрономом через всю жизнь. В своей работе “О безмерном и неисчислимых” он писал: “Взываю к тебе, прославленный своим достойным изумления умом, гениальности которого не коснулся позор невежественного века, и чей голос не был заглушен шумным ропотом глупцов, о благородный Коперник”. После бегства в Лондон Бруно за полтора года опубликовал шесть книг. Все они написаны на итальянском языке. Это крайне важный момент, уже отмечавшийся в авторском вступлении. Бруно обращается не к маститым профессорам и научным авторитетам: для этого следовало использовать латынь. Бруно пишет для образованных англичан. “Выбирая итальянский, Бруно подавал сигнал, что обращается к поэтам и придворным, а не к профессорам математики и философии” (Д. Вуттон).

Помимо пропаганды гелиоцентризма, Бруно проповедовал бесконечность Вселенной и числа миров в ней, отождествление звезд с далекими солнцами и материальное единство мира. Во время суда над Бруно космологические вопросы широко обсуждались на финальной стадии трибунала. Ему было предложено отречься от идеи о множественности миров, но он ответил отказом. Взглядом гения Бруно разглядел, что для новой астрономии необходимо напрямую отказаться от концепции замкнутого и конечного мира. Это включает в себя отказ от аристотелевских понятий “естественных” мест и движений, как противоположных неестественным, насильственным. В бесконечной Вселенной Бруно все места эквивалентны, и потому естественны для всех тел.

Тезисом о бесконечности Вселенной Бруно развивал коперниковский гелиоцентризм, в котором все еще фигурировала сфера неподвижных звезд. Вопрос о конечности границ нашего мира активно обсуждается и в наше время. К теории Большого Взрыва он тоже имеет самое непосредственное отношение. Вселенная расширяется, значит, у нее есть и периферия, называемая горизонтом событий. А что находится за этим горизонтом? Пока на этот счет высказываются только гипотетические предположения. И это сегодня, при наличии в арсенале астрономов гигантских телескопов. Что же говорить про времена, когда их еще не было? Утверждая бесконечность Вселенной, Бруно возрождал на гелиоцентрической основе идею атомистов.

Другим активным пропагандистом гелиоцентризма был английский астроном Томас Диггес (1546-1595). В отличие от Николая Коперника, он (вероятно, первым из европейских учёных) предположил, что звёзды располагаются во Вселенной не на одной сфере, а на различных расстояниях от Земли – более того, до бесконечности. В этом он имел предшественников в лице некоторых древнегреческих астрономов, и в этом смысле стоит вспомнить, что все новое – это хорошо забытое старое. Но идея бесконечной Вселенной еще ждала своих героев.



Илл. 3. Строение Вселенной по Томасу Диггесу (из работы “Совершенное описание небесных сфер”).

Вселенная Диггеса – это не замкнутый мир Коперника. Звездное пространство не ограничено сверху. Диггес связал астрономическое небо с теологическими небесами. Исключив границу конечной Вселенной (уничтожив предел небесной сферы), Диггес задумался и о ликвидации границы между звездным небом и потусторонней реальностью. Если можно пролететь между звезд, которые как наше Солнце, то попадешь прямо в рай. Это ясно видно из составленной Диггесом диаграммы (илл. 3). На ней показана сфера неподвижных звезд, но звезды разбросаны и с внешней стороны сферы, до самого края

иллюстрации. В диаграмме Диггеса сообщалось: “Сфера фиксированных звезд простирается бесконечно в высоту сферически, и потому она неподвижна: дворец блаженства, украшенный бесчисленными горящими свечами, превосходящими наше Солнце по количеству и качеству, дом небесных ангелов, в котором нет горя, а только бесконечное счастье, обитель для избранных”. Диггес, в отличие от Бруно, не считал Вселенную за пределами Солнечной системы тождественной по своим физическим свойствам с Солнечной системой. Как метко заметил историк науки Александр Койре, Диггес “склонен помещать звёзды не на небе астрономов, а на небесах теологов”.

Споры о том, бесконечна ли Вселенная, будут продолжаться и в следующие времена. К примеру, Иоганн Кеплер (1571-1630) убежденно отстаивал конечность Вселенной. Здесь он выступал, прежде всего, как астроном-практик, и вся его натура экспериментатора и наблюдателя протестовала против признания существования звезд на бесконечном удалении от Земли. К этому важно добавить, что первые измерения расстояний до звезд относятся к первой половине XIX века, и исследователи, жившие ранее и размышлявшие о висящей над нами сфере звезд, могли вволю фантазировать. Кеплер не признавал, что из любой точки Вселенная будет выглядеть одинаково, то есть выступал против тезиса об однородности пространства, и стоит согласиться, что для наблюдателя, “привязанного” к Земле, для этого нужна смелость и недюжинная отвага мысли. Рене Декарт (1596-1650) был не так радикален, но и он, выбирая прагматическую позицию, не делает решающего шага в сторону Бруно и ограничивается весьма осторожным заявлением: “Мы никогда не станем вступать в споры о бесконечном, тем более что нелепо было бы нам, существам конечным, пытаться определить что-либо относительно бесконечного и полагать ему границы, стараясь постичь его. Вот почему мы не сочтем нужным отвечать тому, кто спрашивает, бесконечна ли половина бесконечной линии, или бесконечное число четное или нечетное и т. д. О подобных затруднениях, по-видимому, не следует размышлять никому, кроме тех, кто считает свой ум бесконечным. Мы же относительно того, чему в известном смысле не видим пределов, границ, не станем утверждать, что эти границы бесконечны, но будем лишь считать их неопределенными. Так, не будучи в состоянии вообразить столь обширного протяжения, чтобы в то же самое время не мыслить возможности еще большего, мы скажем, что размеры возможных вещей неопределенны”. В отличие от Кеплера, Декарт не считает Вселенную конечной, но он называет ее не бесконечной (*infinite*), а только неопределенной (*indefinite*), то есть бесконечной потенциально, не имеющей предела.

На фоне этих мнений становится совершенно ясно, что философия Бруно более мощно и более определенно торила дорогу новому естествознанию. Вселенная Бруно не только бесконечна и безгранична, но и однородна: повсюду действуют одни и те же законы, повсюду находятся объекты одной и той же природы. Это важнейший шаг к центральным понятиям классической механики – абсолютному пространству и принципу относительности. Хотя наука XVI века постепенно отходила от концепции твёрдых небесных сфер, несущих на себе планеты, именно Бруно первым связал отказ от этой концепции с гелиоцентризмом. У того же Коперника в названии книги еще фигурируют небесные сферы, поэтому смелость философии Бруно воистину была героической. Уже позже Исаак Ньютон, открыв закон Всемирного тяготения, объяснит механизм вращения планет в Солнечной системе, но он будет творить уже на “почве”, расчищенной Бруно и его последователями.

Математическая запись закона Всемирного тяготения представлена на иллюстрации 4. Она очень изящна: две материальные точки притягиваются друг к другу с одинаковой силой, которая пропорциональна их массам и обратно пропорциональна

квадрату расстояния между ними. Коэффициентом пропорциональности выступает величина G , называемая гравитационной постоянной, и равная

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{с}^2.$$



Илл. 4. Формула и ассоциации, связанные с законом тяготения.

Она является одной из мировых констант и служит мерой притяжения материальных масс. Сформулировав закон всемирного тяготения как универсальный закон природы, справедливый для всей Вселенной, Ньютон рассмотрел (в переписке с английским теологом Ричардом Бентли в 1692—1693 гг.) возможную структуру гравитирующей Вселенной для конечной и бесконечной Вселенной. Он пришел к выводу, что лишь во втором случае рассеянная в начальный момент материя могла образовать множество космических объектов, так как только в бесконечной Вселенной могут существовать многочисленные равноправные центры гравитации. В конечном же объеме центр масс выступает выделенной точкой, центром мира, и он рано или поздно притянул бы к себе все остальное вещество. Поэтому фундаментом для последующих гравитационных моделей Вселенной стало представление о бесконечном пространстве, в котором находятся бесчисленные космические объекты, связанные друг с другом силой всемирного тяготения.

Эпоха от Коперника до Ньютона охватывает период формирования классической космологии. Ознаменованный им мировоззренческий переворот получил название научной революции. Американский философ Томас Кун дал ей название “коперниканской”. Не все историки и философы науки согласны отдавать Копернику “пальму” революционера-первопроходца. К примеру, Дэвид Вуттон предлагает ограничить период революционных изменений в науке от наблюдения сверхновой звезды Тихо Браге в 1572 году до 1704 года – даты выхода “Оптики” Исаака Ньютона, последнего труда великого английского ученого по естественным наукам. Вуттон настаивает, что наука

нового времени с ее сплавом экспериментального и теоретического подходов рождалась именно в этот обозначенный отрезок времени (жизнь Коперника в него не укладывается). Для Вуттона принципиален момент, когда ученые-профессионалы перейдут на рельсы новой теории. Но это весьма спорно, и, думается, что отлучать Коперника от его коллег, унаследовавших его гелиоцентрическую идею, было бы неверно. Наука Нового времени, возникшая в результате второй глобальной научной революции, – это также и новый взгляд на устройство мира, а он сформировался, в том числе, под влиянием коперниковских идей. Не случайно и то, что принцип, утверждающий, что ни один астрономический объект не занимает во Вселенной какое-то особенное привилегированное место, носит имя Коперника.

Вторая научная революция утвердила идею бесконечной и неизменной во времени (стационарной) Вселенной. При таком взгляде вопрос о ее начале не возникает. Эти представления продержались в физике вплоть до первых десятилетий XX века.

* * *

Закон Всемирного тяготения – одно из ярчайших достижений теоретической физики. Еще до того, как Ньютон записал его формулу, Иоганн Кеплер эмпирическим путем определил, что все планеты движутся по эллиптическим орбитам, в одном из фокусов которых находится Солнце. Это стало важнейшим этапом в понимании движения планет, но закон Кеплера все же оставался только эмпирическим правилом, полученным из астрономических наблюдений. Причину, определяющую эту общую для всех планет закономерность, самому Кеплеру найти не удалось. Она нуждалась в теоретическом обосновании, и данную задачу с блеском решил Ньютон на основе своего универсального закона притяжения.

В системе отсчета, связанной с Солнцем, траектории планет оказываются удивительно простыми. Это эллипсы. С другой стороны, с Земли их движение выглядит крайне запутанным. В этом смысле стоит лишний раз подчеркнуть, какую сложную задачу решали древнегреческие астрономы, находившиеся на позиции геоцентризма. Победа гелиоцентризма дала колоссальный импульс развитию небесной механики. Это преобразование космологии является также прекрасным примером того, что наука может в течение тысячелетий двигаться, мягко говоря, не в самом оптимальном направлении. Представьте, к слову, греческого астронома, рассчитывающего систему из нескольких десятков гомоцентрических сфер, вращающихся вокруг Земли. Такую задачу сегодня осилит компьютер, но считать ее вручную, наверное, мало кто отважится. История науки – это, в том числе, история ошибок и заблуждений. Другое дело, что принципы, на которых строится научное знание, позволяют эти заблуждения со временем искоренить или обойти на основе альтернативных подходов. В этом как раз и состоит великая сила научного процесса.

Напомнить об этом совсем нелишне, поскольку вместе с достижениями новая космология привнесла и некоторые вопросы, которые трудно было разрешить в рамках принятых представлений об устройстве Вселенной. Речь идет о двух (фотометрическом и гравитационном) парадоксах, всерьез пошатнувших уверенность в безупречности ньютоновской картины мироздания.

Фотометрический парадокс во всей его полноте впервые сформулировал швейцарский астроном Жан-Филипп Луи де Шето в 1744 году. Суть его в следующем. В бесконечной вселенной, все пространство которой заполнено звездами, всякий луч зрения должен оканчиваться на звезде, аналогично тому, как в густом лесу мы обнаруживаем себя

окружёнными “стеной” из удалённых деревьев. Поток энергии излучения, принимаемого от звезды, уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния до неё. Но угловая площадь (телесный угол), занимаемая на небе каждой звездой, также уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния, из чего следует, что поверхностная яркость звезды (равная отношению потока энергии к телесному углу, занимаемому на небе звездой) не зависит от расстояния. В любой точке небосвода должна находиться какая-нибудь звезда. Наше Солнце является типичной звездой, поэтому во всех точках неба поверхностная яркость должна быть равна поверхностной яркости Солнца. Следовательно, всё небо (не только ночью, но и днём) должно быть таким же ярким, как и поверхность Солнца.

Теперь о гравитационном парадоксе. В 1874 году немецкий математик Карл Готфрид Нейман, а немного позже и независимо его соотечественник астроном Гуго фон Зелигер применили закон тяготения Ньютона ко всей бесконечной массе небесных тел, заполняющих мир. По их вычислениям получалось, что закон Ньютона, полностью определявший поле тяготения при известном распределении масс в конечном пространстве, приводил к неопределенности, если попытаться распространить его на всю бесконечную Вселенную: в каждой точке на материальное тело действовала равнодействующая сил бесконечной величины. Но разность бесконечностей – всегда неопределенность. Как оказалось, модель ньютоновской Вселенной не дает однозначного значения для величины силы. Чтобы преодолеть эту трудность, требовалось предположить, что плотность распределения массы по объему спадает до нуля на бесконечности, что противоречило представлению о бесконечной и однородной по плотности Вселенной. Более того, такое предположение “объявляло” Вселенную конечной.

Парадоксы указывают на несправедливость некоторых предположений, которые закладываются в основание физической модели. Физики скрупулезно изучили влияние каждого из них и выяснили все возможные пути разрешения парадоксов. Для каждого рассматривались разные варианты, но для нас важен тот, который, в конце концов, оказался правильным. Подробное математическое решение фотометрического парадокса было дано Уильямом Томсоном (лордом Кельвином) в 1901 г. Оно основано на конечности возраста Вселенной. Поскольку (по современным данным) около $13,75 \pm 0,11$ млрд. лет назад во Вселенной не было галактик и квазаров, самые далёкие звезды, которые мы можем наблюдать, расположены на расстояниях около 13 с лишним млрд. световых лет. Это устраняет основную предпосылку фотометрического парадокса – то, что звезды расположены на любых, сколь угодно больших расстояниях от нас. Вселенная, наблюдаемая на больших расстояниях, настолько молода, что звезды ещё не успели в ней образоваться. Заметим, что это нисколько не противоречит принципу безграничности Вселенной: ограничена не вселенная, а только та часть её, где успели за время прихода к нам света родиться первые звезды.

Гравитационный парадокс оказался еще более крепким “орешком”. Без преувеличения, он стал самым серьезным затруднением теории тяготения Ньютона. Для преодоления этого парадокса высказывались даже предложения изменить формулировку закона всемирного тяготения, несмотря на то, что на протяжении многих лет он подтверждался практически во всех экспериментах. Возникла даже идея считать, что ньютоновский закон тяготения справедлив только в небольших, “земных” масштабах наблюдаемой Вселенной. Зелигер и Нейман, к примеру, предложили домножать ньютоновскую силу взаимодействия двух масс на экспоненциально затухающий

множитель. Но такая модификация закона тяготения не давала правильного описания движения планет.

Закон всемирного тяготения имеет ограниченную область применимости. Он записывается для неподвижных точечных масс. В случае распределенных (неточечных) массивных объектов, движущихся с достаточно большими скоростями, вид закона, очевидно, должен меняться. Но, помимо этого, у закона всемирного тяготения есть своя “болевая точка”. Ни Ньютон, ни кто-либо из его последователей так и не смогли указать механизм распространения гравитации. В теории Ньютона гравитационное поле распространяется мгновенно от источника, как бы далеко мы от него не находились. Скорость гравитации равна бесконечности, и если одно из взаимодействующих тел сместится в сторону, то на него мгновенно начнет действовать другая по величине сила. Это еще одно слабое место ньютоновской теории тяготения.

Высочайший пиетет астрономов к закону всемирного тяготения обуславливался тем, что в течение длительного времени на его основе выводились результаты, неизменно подтверждаемые наблюдениями. Выражение “астрономическая точность” даже стало поговоркой. Но в 1859 году француз Леверье (первооткрыватель Нептуна) сообщил, что обнаружил расхождения теории и эксперимента при вычислении смещения перигелия Меркурия. Как известно, параметры орбит планет Солнечной системы из-за влияния друг на друга со временем претерпевают медленные изменения. В частности, ось орбиты Меркурия постепенно поворачивается (в плоскости орбиты) в сторону орбитального движения. Величина этого смещения, однако, не объясняется в рамках ньютоновской теории. Физики вынуждены были искать пути ее обобщения или модификации. Проблема разрешилась после создания Альбертом Эйнштейном общей теории относительности (ОТО) в 1915 году.

Гравитационный парадокс был также разрешен в рамках ОТО. Одним из ее постулатов стало утверждение, что скорость распространения гравитации равна скорости света в вакууме c и составляет величину

$$c \approx 300000 \text{ км/с}.$$

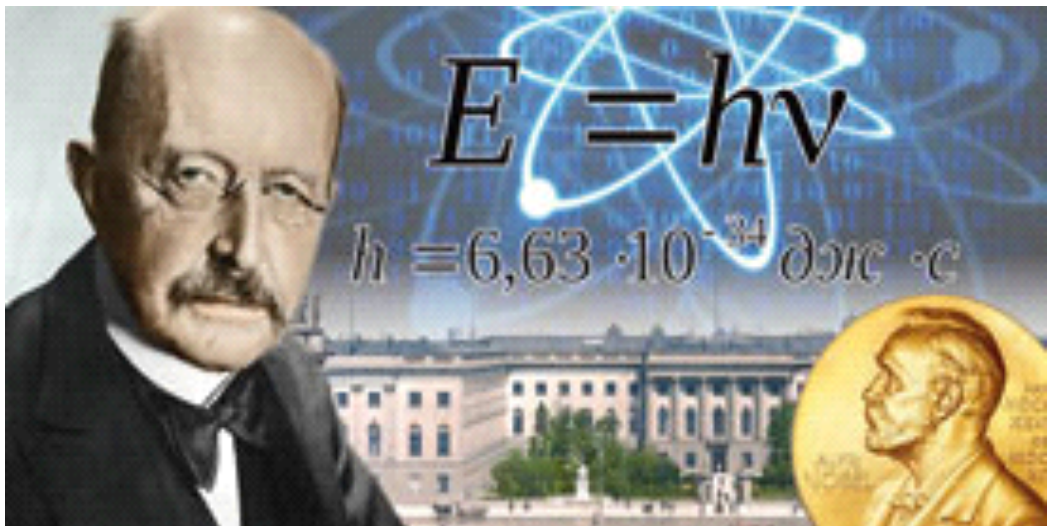
Наряду с гравитационной постоянной G , это еще одна фундаментальная константа физики. Теория Эйнштейна уточняет закон Всемирного тяготения для нестационарных и релятивистских (распространяющихся со скоростью света) гравитационных полей. Как и в случае фотометрического парадокса, обнаруживается принципиальная важность учета фактора времени. Действие гравитации ограничено конечной величиной скорости, и в конечной по времени Вселенной на данное тело воздействует не вся “бесконечная” масса вещества, а только та, что успела образоваться и воздействие которой “долетело” до рассматриваемой точки. В реальной нестационарной Вселенной, как показывают расчеты и доказывает опыт, тяготение определяется в основном близкими массами. Гравитационное влияние далёких масс пренебрежимо мало, то есть гравитационный парадокс отсутствует.

ОТО возникла в рамках временного периода (первые три десятилетия XX века), который соотносят с третьей глобальной научной революцией. На этом этапе были выработаны новые представления о структуре пространства и времени. Как это не покажется удивительным, но физикам пришлось начать переосмысливать не только устройство макромира (Космоса, Вселенной), но и законы микромира – “кусочков” пространства, соизмеримых с масштабом атома и его составных частей – элементарных частиц. Механика микромира строится на гипотезе Макса Планка, что для элементарных

частиц любая энергия поглощается или испускается только дискретными порциями (квантами). Эти порции состоят из целого числа квантов с такой энергией E , что ее величина пропорциональна частоте излучения ν (см. илл. 5) с коэффициентом пропорциональности, равным

$$h \approx 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}.$$

Эту константу называют постоянной Планка. Как гравитационная постоянная G и скорость света c , она принадлежит к числу фундаментальных постоянных физики. Если первая из них символизирует классическую гравитацию Ньютона, вторая – релятивистские теории (специальную и общую теории относительности), то постоянная Планка – фирменная эмблема квантовой механики. Всем трем им суждено сыграть важнейшую роль в нашем исследовании.



Илл. 5. Макс Планк – основоположник квантовой физики.

Квантовая механика, как и эйнштейновская теория тяготения, в корне меняла философские установки ученых. Обе теории развивались независимо, и это вполне понятно в силу несоизмеримости масштабов Вселенной и атомного ядра. Релятивистская космология, “впитав” дух нестационарной Вселенной, породила теорию Большого Взрыва (рассказ о ней еще впереди), которая прекрасно объясняет новейшие экспериментальные данные. Квантовая механика, дав “отростки” в виде квантовой электродинамики и квантовой хромодинамики (изучающей “жизнь” кварков), позволила физикам объединить три из четырех фундаментальных взаимодействий – электромагнитное, сильное и слабое. Оставалось лишь добавить к ним гравитацию, но тут произошел сбой поступательного развития, и физики-теоретики всерьез забуксовали. Проблема квантовой гравитации в последней четверти XX века была объявлена ими главной и приоритетной задачей, но она так и не решена до сих пор.

С другой стороны, грянул “гром” в космологии. В 1998-99 гг. астрофизики совершили открытие, значение которого со временем будет только расти. После тщательной проверки и многократных повторных измерений сразу две группы

американских экспериментаторов объявили о том, что наша Вселенная расширяется с ускорением. Говорить о том, что это сообщение шокировало научную общественность, значит, ничего не сказать. Для физиков серьезнейшей загадкой был и остается механизм расширения Вселенной, а тут еще вдруг выяснилось, что это расширение вблизи горизонта событий (на границе наблюдаемого мира) не замедляется из-за действия сил тяготения, а, наоборот, ускоряется. Согласно этому открытию, все происходит таким образом, как будто на периферии Космоса начинают доминировать силы антигравитации. Их очевидное присутствие как раз и стало полнейшей неожиданностью для физиков. Образно говоря, они нежданно-негаданно обнаружили себя стоящими перед бездонной пропастью незнания. Субстанцию, обладающую свойством антигравитации, назвали темной энергией. Ее природу чаще всего связывают с вакуумом. Наличие в мире темной энергии не противоречит ОТО, однако, для этого открытая субстанция должна обладать особым свойством – отрицательным давлением. Это резко отличает ее от обычных форм материи. Академик В.А. Рубаков заявил, что природа темной энергии – это главная загадка фундаментальной физики XXI века.

Итак, еще одна “главная загадка”. Не многовато ли? Не означает ли это, что в теоретической физике назрел серьезный кризис? А может, обе эти загадки – лишь оборотные стороны одной медали. Ведь и там, и там ключевым словом является “гравитация”, правда, во втором случае с приставкой “анти”. А если пойти еще дальше и глубже, то обе проблемы связаны с устройством вакуума. Но это как раз и есть путь постижения природы Большого Взрыва и механизма рождения Вселенной! ОТО – теория классическая, она формально объясняет свойства темной энергии. Если искать ее действительную природу, то не обойтись без погружения в мир квантовых явлений, а это как раз соответствует пониманию квантовых основ гравитации. Пути эволюции физики микромира и космологии прочно переплетаются. Гипотетическую теорию, объединяющую квантовую механику и гравитацию, иногда называют еще - теорией, соединяя в этом названии обозначения трех фундаментальных физических констант – c , G , h , символизирующих соответственно релятивизм, гравитацию и квантовый подход.

Мы убеждены, что физика находится на пороге новой глобальной научной революции, в ходе которой будет решена проблема квантовой гравитации и в качественно новом ключе осмыслена природа вакуума.

* * *

В октябре 2008 года мне довелось участвовать в конференции по темной энергии, организованной Институтом Макса Планка в Мюнхене. Это было незабываемое событие. В каждый день университетский зал заседаний заполнялся до предела, а это не менее 300 мест. В воздухе царил чрезвычайно приподнятое, торжественное настроение, поскольку обсуждалась одна из важнейших проблем физики. Это был настоящий фестиваль науки, в постсоветской России ничего подобного видеть мне не приходилось. Но со временем, “прокрутив” в голове содержание докладов, я осознал, что вопрос о природе темной энергии рассматривался с позиций имевшихся, “старых” теорий. Сплошь и рядом доминировал формальный подход, когда исследователь оперировал понятиями гипотетического поля, дающего описание определенных наблюдений, но разговора о природе новой субстанции никто не инициировал. Вполне понятно, что это обязательно связано с какими-то новыми философскими установками, чего современные физики крайне не любят, но ведь наука столкнулась с качественно новой реальностью – антигравитацией, которая в нашем (земном) мире отсутствует. Уже в то время я твердо

полагал, что открытие темной энергии обозначает новый период развития естествознания, когда основания физики должны быть серьезно пересмотрены. Я ждал, хотя бы в единичном количестве, революционных концепций. Однако их не было. Так, рабочий, привыкший орудовать знакомым ему инструментом, отказывается осваивать новые станки.

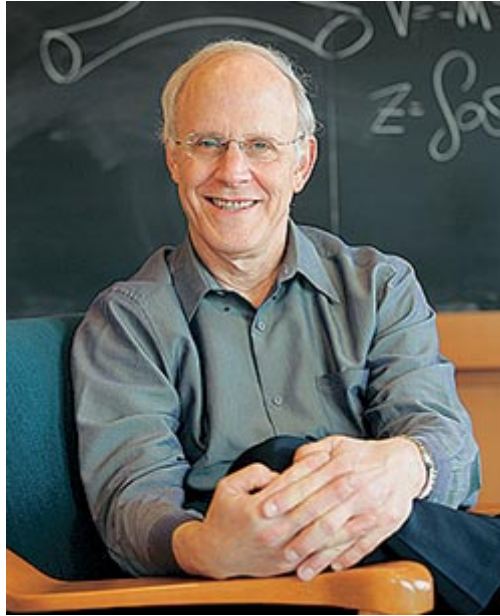
Сейчас, по прошествии более, чем десяти лет, я понимаю, что такое поведение ученого сообщества совершенно естественно. Выйти за рамки привычных, общепринятых разработок – удел немногих. Нужны новые коперники, бруно и галилеи, готовые пожертвовать своей карьерой. В то же время мир ученых – чрезвычайно консервативное образование, он и остается устойчивым в течение веков только потому, что чтит свои традиции. А для изменения их необходимо и время, и “критическая масса” новаторов.

Историки науки обратили внимание на интереснейшую деталь: научные революции происходят незаметно для самих ученых. Перемена общепринятых оснований происходит как бы сама собой, а личные трагедии носителей революционных идей остаются не слишком интересным примечанием, любопытным, разве что для их биографов. Похоже, это устойчивая черта интеллигенции. Главное для нее носить одежды, модные в настоящее время, а уж о причудах моды она думает в последнюю очередь, считая их эффектами десятого порядка.

В апреле 1900 года лорд Кельвин прочел знаменитую лекцию в Королевском институте в Лондоне, на которой заявил, что физика как наука в целом уже выглядит законченным знанием, ее ясное небо омрачают лишь две “тучки”. Как выяснилось чуть позже, за ними скрывались теория относительности и квантовая механика – две фундаментальные теории нашего времени. Писатель “Чарльз Сноу” в своей знаменитой статье “Две культуры” обратил внимание, что западная интеллигенция не заметила ни промышленной революции XIX века, ни научной революции, последовавшей за ней в следующем веке.

Поделюсь своим опытом. Полтора десятка лет я рассказываю свою концепцию первичного вакуума, причем, делал это на самых разных уровнях, включая научные семинары, конференции и написание статей. Но ни один из слушателей, читателей или корреспондентов, а среди них были все уважаемые мной знакомые физики, не откликнулся, пусть критическим, отзывом. Пишу это, разумеется, не с целью высказать обиду. Та же история повторится, если вместо физики обратиться к любой другой науке. Просто констатирую факт: ученая интеллигенция не озадачивает себя глобальными вопросами, даже когда они, как в случае с темной энергией, “стучатся” в дверь. Но всякое правило имеет исключения.

12 мая 2006 года в Москве в концертном зале “Академический” состоялась лекция лауреата Нобелевской премии по физике 2004 года американского физика Дэвида Гросса. Лекция называлась “Грядущие революции в фундаментальной физике”. На тот момент физику было 75 лет – возраст более, чем подходящий для пророчеств. Один из крупнейших специалистов по теории струн, Гросс обрисовал перспективы ее развития и предсказал, что она станет основой революционных перемен в физике.



Илл. 6. Дэвид Гросс.

Концепция струн – теория нового типа, олицетворяющая разрыв физики со своей прошлой историей. Традиционно прогресс в фундаментальной физике осуществлялся за счет изучения строения материи на всё меньших расстояниях и обнаружения там всё более фундаментальных ее составляющих. Вначале люди узнали, что материя состоит из атомов, а атомы из плотных ядер, окруженных электронами, которые представляются нам неделимыми точечными частицами. Однако само ядро тоже имеет структуру. Заглянув внутрь него, физики выяснили, что оно состоит из нуклонов – протонов и нейтронов. В прошлом столетии исследователи продвинулись еще дальше. При зондировании протона и нейтрона было открыто, что они состоят из кварков – казалось бы, по-настоящему точечных частиц. Современная модель элементарных частиц (Стандартная модель) как раз и основана на кварках и лептонах (более легких частицах: электроны, мюоны, тау-лептон и соответствующих каждому из них нейтрино) в качестве точечных элементарных частиц. Казалось бы, следующая стадия объединения будет связана с выявлением еще более мелких точечных частиц, неких субкварков и сублептонов. Однако на этот счет теория струн однозначно отвечает “нет”. Физики выделяют пространственный масштаб, служащий пределом для приложения современных физических теорий. Он называется планковской длиной. По утверждению сторонников теории струн, если бы у нас был идеальный микроскоп с разрешением до самых предельных микроскопических длин, то вместо точечных частиц наблюдатель увидел бы протяженные струны. Согласно теории струн, базовыми составляющими материи являются не точечные частицы, а протяженные одномерные струны. Это важный разрыв с исторической традицией, складывавшейся в течение двух тысячелетий.

Планковская длина или планковский масштаб длины названы так в честь Макса Планка, который ввел это понятие более века тому назад. В классической механике мы измеряем все наблюдаемые величины тремя характеристиками – единицами длины, времени и массы. Все другие количественные физические характеристики могут быть выражены через эти единицы (за исключением температуры). Но фундаментальными константами размерности в природе являются отнюдь не метры, секунды и килограммы. Эти единицы изобретены человеком. В теории струн принимается, что Природа использует единицы измерения, в основе которых лежат фундаментальные размерные

константы: скорость света, постоянная Планка и гравитационная постоянная Ньютона. Макс Планк понял, что эти постоянные можно использовать в качестве трех базовых единиц, необходимых для описания всех физических явлений. Он дал определения длины Планка l_{pl} , времени Планка t_{pl} и массы Планка m_{pl} в этих фундаментальных единицах. Формулы для них имеют следующий вид:

$$l_{pl} = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} \approx 1,6 \cdot 10^{-33} \text{ см}; \quad t_{pl} = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} \approx 5,4 \cdot 10^{-44} \text{ с}; \quad m_{pl} = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ з}, \quad (0.1)$$

здесь в качестве постоянной Планка фигурирует величина $\hbar = h/2\pi$ (ею удобнее пользоваться в квантовой теории). “Любой физик согласится, что это – фундаментальные размерные параметры Природы, и нам действительно следует выражать все физические величины в этих единицах” (Дэвид Гросс).

В теории струн не может идти речи о произвольно малых расстояниях. Бессмысленно говорить о плавном переходе масштабов пространства-времени к бесконечно малым расстояниям. Минимальное расстояние, которое можно прозондировать, составляет порядка планковской длины. Поэтому нет никакого смысла говорить о линейных размерах короче планковских. Планковское время равно частному от деления планковской длины на скорость света. Учитывая, что скорость света в нашем мире является предельно большой, делаем вывод, что минимальное время, которое можно измерить, составляет порядка планковского времени. Планковские масштабы длины и времени выступают в теории струн квантами длины и времени. В нашей модели физического вакуума это положение также принимается в качестве аксиомы (вопрос о фундаментальном значении планковской массы будет обсуждаться в дальнейшем).

Идея, что все частицы на самом деле представляют собой струны, обладает хорошим потенциалом стать объединяющей, поскольку струна может принимать множество различных конфигураций и представляет собой значительно более усложненный объект, нежели точка. Может статься, заявляет Дэвид Гросс, что все наблюдаемые частицы - суть различные гармоники, различные волновые колебания одной и той же струны. Именно такой подход постулируется теорией струн. Струна может вибрировать бесконечным числом образов, и каждая из мод ее вибрации представляется нам на большом удалении точечной частицей.

Однако здесь пора обозначить и слабые места теории. Самая большая проблема в теории струн заключается в том, что ее творцы по-прежнему не знают, что такое сама теория струн. Есть множество различных вариантов ее развития, но у исследователей нет никакой ясности относительно ее полной структуры. Такая свобода теоретических фантазий проистекает, в первую очередь, что струнные теории не могут не включать дополнительных пространственных измерений. Варьируя их число, можно получать различные результаты, и это крайне удручающий факт. Не секрет, что переход к числу пространственных измерений, большему трех, катастрофически усложняет понимание и практически исключает какую-либо наглядность в изложении. Есть в этом и философски труднообъяснимый момент. Изначальное состояние мира должно мыслиться в достаточно простых образах. Процесс эволюции, и это не будет отрицать ни один разумный человек, идет от простого к сложному. Разумеется, это “простое” (читай, вакуум) – весьма необычный “объект” физики. Но стоит ли мыслить его многомерным? В теории струн господствует принцип, что “пространство-время” обречено. Но нам так не кажется, и предлагаемая в книге теория вакуума строится в традиционном пространстве-времени с тремя пространственными и одной временной координатами.

Дэвид Гросс предельно откровенно формулирует некоторые горизонты теории: “ Мы надеемся, что теория струн поможет разрешить парадокс космологической сингулярности, которую мы наблюдаем, экстраполируя историю Вселенной вспять до точки Большого Взрыва. Возможно, нам удастся сформулировать принцип, предопределяющий историю Вселенной и объясняющий Большой Взрыв. Может быть, теория струн позволит как-то сгладить сингулярность точки Большого взрыва и зафиксировать начальные условия в ней или, как предвидят некоторые, рассуждая о возможных сценариях развития теории струн, показать, что Вселенная вечно пульсирует. На самом деле, по моему мнению, в самом начале Вселенной времени не существовало, то есть, фактически, время – понятие привходящее. Пока что теория струн не преуспела в решении проблемы космологических сингулярностей. <...> В этом плане потребуется еще очень много работы”.

Теория струн – умозрительный стратегический проект, продолжающий направление геометризации физики. Оттого она (при всех своих достоинствах) представляется не слишком революционной. В сущности, у теории струн еще нет ни одного конкретного достижения. К тому же, увеличение числа измерений не принесет глубинного понимания явлений. Автор книги предлагает принципиально иной путь решения проблем, заявленных Гроссом в своей лекции. Мы ограничимся пространством из трех измерений, и вместо одномерных струн в многомерном пространстве введем частицу с планковской массой, планковским масштабом длины и планковским временем жизни. В силу предельности планковских масштабов длины и времени такие частицы будут принципиально ненаблюдаемыми (виртуальными). “Газ” из них – наша модель вакуума. На ее основе мы дадим физическое толкование космологической сингулярности.