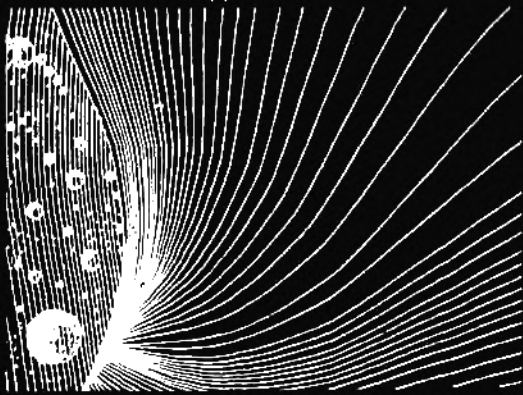


СИЛА, ЧТО ДВИЖЕТ МИРАМИ

М. ВАСИЛЬЕВ
Н. КЛИМОНТОВИЧ
К. СТАНЮКОВИЧ

МОСКВА АТОМИЗДАТ





Васильев Михаил Васильевич

Родился в 1920 году в г. Кашино (Калининской обл.). Участвовал в Великой Отечественной войне, награжден тремя орденами и несколькими медалями. Окончил МВТУ им. Н.Э.Баумана. Работал в ряде научно-популярных журналов («Техника молодежи», «Юный техник») и газет («Комсомольская правда», «Экономическая газета»), где вел отделы по вопросам науки и техники. Михаил Васильев - автор ряда книг, посвященных науке и технике. Главная его работа - шеститомная серия книг «Вселенная и человек» (издательством «Советская Россия»). Отдельные его книги более ста раз переведены во многих странах мира. С проф. Н.П.Станюкевичем его связывает многолетняя творческая дружба. Совместно ими написаны книги «В мире семи стихий», «Сила, что движет

мирами»



Климонтович Николай Юрьевич

Родился в 1951 году в г. Москве. Учился в Московском университете на физическом факультете. С 1973 года основное занятие - журналистика. Автор нескольких десятков статей и очерков о науке и ученых, публиковавшихся в ряде научно-популярных изданий. Опыт журналистской работы привел к работе над этой книгой. В 1977 году издательство «Советский писатель» выпустило в свет первую книгу прозы. Сейчас работает как в научной журналистике, так и в литературе.

М. В. ВАСИЛЬЕВ
Н. Ю КЛИМОНТОВИЧ
К. П. СТАНЮКОВИЧ

**СИЛА,
ЧТО
ДВИЖЕТ
МИРАМИ**



(О МАТЕРИИ
ЖИВОЙ И СПЯЩЕЙ)

Издание 2-е, переработанное
и дополненное



МОСКВА
АТОМИЗДАТ
1978

531.5
В19
УДК 530.1(00)

В19 Васильев М. В., Климонтович Н. Ю. Станюкович К. П. Сила, что движет мирами.
Изд. 2-е, перераб. и доп. Атомиздат, 1978.
168 с.

Тяготение... С этой силой мы сталкиваемся всегда и всюду, но природа ее недостаточно изучена. Авторы книги (1-е изд. вышло в 1969 г.) описывают в популярной форме различные теории тяготения, сообщая и о самых последних исследованиях этой проблемы. Исторический материал охватывает все этапы развития теории тяготения: от Гука, Ньютона, Ломоносова, Лесажа к Эйнштейну и современным ученым. Стиль книги — непринужденная беседа с читателем, с приведением огромного количества интересных физических примеров, иллюстраций. На уровне популярного изложения авторы делают попытку рассказать читателю о той глубокой связи, которая намечается между современной гравитацией и теорией элементарных частиц.

Книгу с большим интересом прочтут учителя, студенты, инженеры и физики всех специальностей.

531.5

В $\frac{20402-097}{034(01)-78}$ 07-78

©: Атомиздат, 1978

ОТ АВТОРОВ



Гениальные П. Ньютон и А. Эйнштейн создали науку о тяготении. Однако и сейчас, соприкасаясь с силой тяготения « детства, мы еще плохо понимаем ее природу. В этой небольшой книге авторы попытались рассказать о тяготении понятно для каждого, не прибегая к языку математики. Конечно, это трудно, по возможно. Ряд новых идей о природе тяготения, о возможности изменения основных физических величин, которые обычно считают постоянными (например, таких, как заряд и масса электрона, постоянная тяготения Ньютона, постоянная Планка и др.), не являются общепринятыми. Некоторые из этих идей принадлежат одному из авторов этой книги. Об этих идеях, хотя они и являются дискуссионными, пишут и у нас в стране, и за рубежом (например, американский физик Р. Дикке), поэтому нам кажется вполне уместным и необходимым ознакомить с ними читателя. Мы оговариваем это потому, что обычно принято в научно-популярной литературе сообщать читателям только бесспорные истины. Нам это кажется недостаточным и мы считаем своим долгом восполнить пробел в литературе о гравитации, где истиной в последней инстанции считаются работы Эйнштейна. Но его теория гравитации уже явно недостаточна для современной физики, и мы рискуем рассказать о целом ряде послезейнштейновских идей и работ в этой области.

Труды таких иностранных физиков, как П. Дирак, П. Йордан, Р. Дикке, Ф. Хопл, Х. Меллер, Д. Вейер и советских ученых М. П. Бронштейна, В. А. Фока, Д. Д. Иваненко, А. З. Петрова, Я. Б. Зельдовича, А. Л. Зельманова, а также многих других обогатили науку о тяготении и сильно продвинули ее вперед, намечая связь между явлениями мира эле-

ментарных частиц и макромира — космоса. Естественно, что в данной книге рассказывается далеко не обо всех этих работах.

Мы постарались ознакомить читателя с теми идеями, которые вполне доступны для понимания без специальной подготовки.

Пусть не все сказанное в этой книге, оправдается, но авторы надеются, что она вызовет интерес к этой важной проблеме науки, будет пробуждать мысли, заставит прочесть ряд других, более сложных книг.

Объяснить научные законы и результаты теоретических исследований популярно очень трудно, так как истина может иногда предстать в несколько искаженном виде. Но авторы сознательно пошли на это, надеясь, что главное, ради чего написана эта книга, будет легко воспринято читателями.

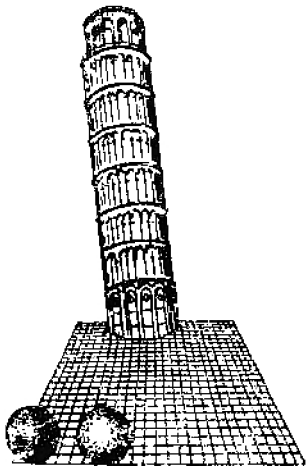
Приложение, названное «Куда «идет» Вселенная?», написано по просьбе авторов Л. К. Станюковичем.

Авторы благодарят А. П. Бондарева за ценные советы при подготовке рукописи к печати.

1.



ОТ ДОГАДОК К ЗНАНИЮ



В этой главе мы будем говорить о самой великой силе природы — силе всемирного тяготения.

Тысячелетиями сетовал человек на эту силу. Она не позволяла строить башни многокилометровой высоты: тяжесть верхних этажей стремилась раздавить нижние. Чуть просчитывались инженеры — и с грохотом обрушивались мосты через широкие рекп. Человек завидовал птицам, но лишь в мечтах взмывали в небо дедалы, икарый и русские умельцы мастерившие себе крылья из лебединых перьев и воска.

Между тем человек и по незнанию, скольким этой силе он обязан.

Не будь ее, человек лишился бы своего дома. Именно она скрепляет воедино горные породы, собирает, образуя моря и океаны, воды планеты, удерживает Землю ее голубую атмосферу.

Но и этого мало. Не будь этой силы, Земля и другие тела нашей планетной системы — от мельчайшего астероида до гигантского Юпитера — распрямили бы свои извечные орбиты, понеслись бы в разные стороны в черное пространство Вселенной. А сама Вселенная? И она не устояла бы без силы всемирного тяготения: распались бы галактики, разрушилась бы ее структура...

Человек заставил служить себе эту силу. Она совершала работу в первом паровом двигателе английского кузнеца Ньюкомена и направляла потоки воды, на пути которых человек воздвиг плотины и поставил турбины, она заставляла качаться маятники часов, отсчитывая для человека время, и это было только начало. Человек запустил искусственный спутник Земли, и могучая сила тяготения покорно взяла его в свои ладони и понесла именно по тем путям, что предназначали ему люди.

И все-таки, много веков используя эту силу, люди плохо представляют себе ее механизм.

Впрочем, такое положение не впервые возникает в истории науки и техники. Вспомним хотя бы паровую машину. Она появилась в годы, когда господствовала теория «флогистона»

— неведомой «огненной материи», содержащейся якобы во всех горючих веществах. — и Уатт не имел понятия о тепловом движении молекул пара, толкавших поршень созданного им двигателя. Но, говоря о современном положении дел, необходимо учесть два обстоятельства. В наши дни, как правило, ученый сначала исследует новое явление и только потом находит ему практические применения. Уатт конструировал свою машину, не привлекая теории, но уже двигатель Дизеля был сначала рассчитан, а лишь потом сконструирован. И второе. Знание сущности того или иного яв-

ления позволяет полнее его использовать. Поэтому-то и волнует ученых всего мира загадка гравитации. Понимание механизма тяготения обещает открыть поистине головокружительные перспективы: возможность создания невесомых летательных аппаратов, концентрирования силы тяжести в одних местах и ослабления в других, реальностью станут такие отрасли, как гравитационная энергетика и гравитационная связь... Но заглянуть так далеко мы можем позволить себе лишь сейчас, в то время как человек начал задумываться над тайнами тяготения тысячелетия назад.

ПРЕДШЕСТВЕННИКИ НЬЮТОНА

Уже древнегреческие мудрецы заметили эту силу, да и нельзя было ее не заметить.

Великий Платон, знаменитые «Диалоги» которого в течение тысячелетий казались средоточием истинных мыслей, рассуждал приблизительно так. Я бросаю вверх горсть песка — она падает обратно на ту же несчающую дорожку. Пролитая из амфоры вода впитывается землей, просочившись между ее частицами, возвращается в ручей, а ручей спешит к морю. Что это значит? Это значит, что все тела в своем естественном движении стремятся к той точке, где сосредоточена наибольшая часть родственного вещества.

Но ученик Платона Аристотель общим рассуждениям предпочитал анализ фактов. Он учил, что одни тела наделены свойством «тяжести», другие — свойством «легкости». Эти свойства и определяют их поведение: тяжелые камни и металлы стремятся к центру Вселенной, легкие же тела, наоборот, бегут к периферии. Именно поэтому камень с горы скатывается в долину, в то время как дым от костра устремляется вверх.

Силы тяжести философ не заметил. Но важно другое: он впервые говорил о свойствах тел быть тяжелыми по-разному.

Эту идею развивал материалист и атеист Эпикур. В своей, основанной в 306 г. до н.э., школе он вслед за Демокритом учил: все тела состоят из мельчайших частичек — атомов. Но Демокрит считал, что атомы различны лишь величиной. Эпикур же приписывал им и разный вес.

Здесь занавес над проблемами гравитации опускается на много веков.

В средние века авторитет Аристотеля настолько довлел над умами ученых, что вплоть до эпохи Возрождения до-

гадка о существовании всемирного тяготения не могла зародиться. Это эпоха Возрождения, одна из великолепнейших в истории человечества, выдвинула плеяду мыслителей и ученых, все ближе подходивших к существу проявлений сил гравитации.

Среди рисунков Леонардо да Винчи есть схема простейшего вертолета. Великого художника и ученого не могли не волновать загадки строения мира. Среди его записей есть такие: «Солнце не движется», «Земля расположена не в центре солнечного круга и не в центре мира, а в центре своих стихий, ей близких и с ней соединенных», «Земля — звезда, почти подобная Луне». Конечно же, человек, задумывавшийся над этим кругом вопросов, думал о тяготении. Леонардо да Винчи утверждал, что оно свойственно не только Земле, что центров тяготения множество. Он рассматривал задачу о движении тела под влиянием двух центров тяготения и высказал предположение, что сила тяготения зависит от расстояния до центра тяготения.

Конечно, по сравнению с такой постановкой вопроса идеи древних звучали наивно, но и до открытия единого закона гравитации было далеко.

В знаменитой книге Коперника, каноника из Фромборка, — маленького городка на берегу Вислы, — «Об обращении небесных тел» была подробно дана картина гелиоцентрического устройства нашей планетной системы. По выражению датского астронома Тихо Браге, Коперник «сорвал Солнце с неба и утвердил его в пространстве». Но сил, двигавших миры в его системе, он не нашел. Коперник размышлял лишь о силе тяжести, которая удерживала на каждом небесном теле воду, атмосферу и все, что находится на его поверхности. Научный подвиг Коперника грандиозен, но его рассуждения были далеки от того, чтобы связать цепями тяготения планетную систему в единое гармоническое целое.

Надо сказать, что утверждение новых идей продолжало идти в непрерывной борьбе с апологетами Аристотеля, применявших для защиты отживших идей средства, от которых, надо думать, древний философ с отвращением отвернулся бы. Сокрушительный удар догме мог нанести только опыт, и первым последовательным экспериментатором стал Галилео Галилей — один из универсальнейших гениев эпохи Возрождения.

Аристотель утверждал, что легкие тела падают медленнее тяжелых. В 1589 г. Галилей, бывший профессором математики в итальянском городе Пизе, поставил публично та-

кой опыт: со знаменитой Пизанской башни он бросил одновременно деревянный шар и чугунное ядро. Два разных по весу предмета одновременно упали к ногам догматиков. И с ними — значительная часть веры в непогрешимость учения древнего мудреца.

Галилей отверг аристотелевский «центр мира», к которому якобы стремятся тела, наделенные свойством «тяжести», и вслед за Коперником утверждал, что каждая планета обладает своим центром притяжения.

Окончательная, почти современная схема строения планетной системы была дана немецким астрономом Иоганном Кеплером. Сегодня три закона Кеплера изучают в средней школе, но, для того чтобы сформулировать их, ученому потребовались десятилетия упорного труда.

Лишь позже выяснилось, что законы эти — следствия одного закона всемирного тяготения. Догадывался ли об этом сам «законодатель неба», как называли Кеплера современники? Листая труды ученого, в которых рассуждения о влиянии положения планет на судьбы людей причудливо переплетаются с гениальными открытиями, нам следует признать: оставался всего один шаг и блистательнейшее из открытий великого Ньютона носило бы другое имя.

Кеплер впервые постулировал принцип взаимного притяжения всех материальных частиц, первым высказал догадку о закономерности этих сил притяжения, о том, что они пропорциональны массам взаимодействующих тел и уменьшаются пропорционально квадрату расстояния между ними. Как видите, он впервые приблизился к математической формуле знаменитого закона, но... последний шаг, осознание того, что сила тяготения и движет планеты, был сделан не Кеплером.

С этого времени идея закона всемирного тяготения буквально висит в воздухе и словно дразнит ученых своей близостью и доступностью. В 1644 г. парижский профессор Жюль Роберваль высказал мысль о том, что сила тяготения каждой частицы простирается безгранично. В 1666 г. итальянский математик Джованни Борелли сделал попытку объяснить движение планет притяжением Солнца и наличием некоторой начальной скорости. Великий голландский механик, физик и математик Христиан Гюйгенс в 1673 г. дал математическое выражение для силы, которая должна увлекать движущееся по окружности тело к центру ее вращения... Но синяя птица великого открытия никак не давалась в руки. Манила, пленяла — и улетала в недостижимую вы-

Ближе всего был к ней известный английский естествоиспытатель Роберт Гук. Это был человек удивительный, не достаточно оцененный и сегодня. При изучении сопротивления материалов в инженерных вузах студенты всего мира неизбежно сталкиваются с законом Гука о пропорциональности между деформацией твердого тела и величиной приложенной нагрузки. В механике известен шарнир Гука. Биология сегодня стремится постичь секреты живой клетки — клеточное строение тканей первым в мире открыл Роберт Гук. Он построил первый воздушный насос, сконструировал прибор для измерения силы ветра, изобрел оптический телеграф, машинку для деления круга, усовершенствовал градусник, барометр, зеркальный телескоп и многое другое. Его имя известно геологам и антропологам, астрономам и геофизикам... Этот человек почти схватил предсловую синюю птицу и, во всяком случае, вырвал из ее хвоста несколько перьев. Без Роберта Гука триумф Ньютона был бы еще пышнее.

В 1674 г. в трактате «Опыт доказательства вращения Земли» Гук четко высказал, что все небесные тела тяготеют друг к другу, и нарисовал общую картину движения планет, в значительной мере предвосхитившую ту, которую дал Ньютон. В 1679 г. он высказал еще более смелую идею: если сила притяжения обратно пропорциональна квадрату расстояния, то планеты должны двигаться по эллипсам. До закона Ньютона оставался даже не шаг, а полшага, четверть шага... Советский ученый С. И. Вавилов писал, что если свести гениальные высказывания, догадки Роберта Гука в одно целое, то получатся почти все главные выводы «Начал» Ньютона, только высказанные в неуверенной и малоубедительной форме...

Но даже из целой горы перьев нельзя смастерить птицу. А тем более — синюю...

ВЕЛИКИЙ ЗАКОН ВСЕЛЕННОЙ

Исаак Ньютон родился 5 января 1643 г. Жизнь его внешне бедна событиями: кончил Кембриджский университет, стал бакалавром, затем магистром наук. Все дальнейшее — бесконечное богатство научных работ. Но главный его труд — «Математические начала натуральной философии», изданный в 1687 г. и обычно называемый просто «Начала». В них-то и сформулирован великий закон всемирного тяготения. Наверное, каждый помнит его еще из средней школы.

Все тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению масс этих тел и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними...
— Мы уже сказали, что некоторые положения этой формулировки удавалось предвосхитить предшественникам Ньютона, но никому она не давалась целиком. Нужен был гений Ньютона, чтобы собрать эти догадки в единое целое.

Первый популяризатор работ гениального ученого — французский писатель Франсуа Мари Аруэ, всемирно известный под псевдонимом Вольтер, — поведал, что Ньютон открыл закон, названный его именем, когда взглянул на падающее яблоко. Сам Ньютон об этом яблоке никогда не упоминал, и вряд ли стоит сегодня тратить время на опровержение этой красивой легенды. К постижению великой силы природы Ньютон, видимо, пришел путем логического рассуждения. Вероятно, именно оно и вошло в соответствующую главу «Начал».

Вот суть этого рассуждения.

Предположим, что на очень высокой горе, такой высокой, что ее вершина находится уже вне атмосферы, мы установили гигантское артиллерийское орудие. Ствол его расположили строго параллельно поверхности земного шара и выстрелили. Описав дугу, ядро падает на Землю. Увеличиваем заряд, улучшаем качество пороха, тем или иным способом заставляем ядро после следующего выстрела двигаться с большей скоростью. Дуга, описанная ядром, становится более пологой. Ядро падает значительно дальше от подножия нашей горы.

Еще увеличиваем заряд и стреляем. Ядро летит по такой пологой траектории, что она снижается параллельно поверхности земного шара. Ядро уже не может упасть на Землю: с той же скоростью, с которой оно снижается, убегает из-под него Земля. И, описав кольцо вокруг нашей планеты, ядро возвращается к точке вылета.

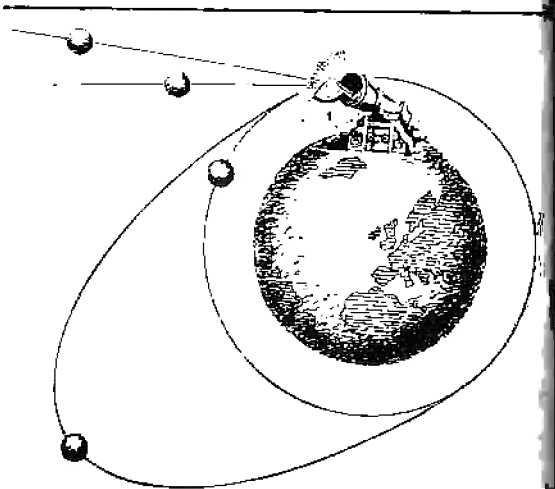
Орудие можно тем временем снять. Ведь полет ядра вокруг земного шара займет свыше часа. И тогда ядро стремительно понесется над вершиной горы и отправится в новый облет Земли. Упасть, если, как мы условились, ядро не испытывает никакого сопротивления воздуха, оно не сможет никогда.

Скорость ядра для этого должна быть близкой к 0 км/сек. А если еще увеличить скорость полета ядра? Оно сначала полетит по дуге, более пологой, чем кривизна земной поверхности, и начнет удаляться от Земли. При этом скорость его под влиянием притяжения Земли будет умень-

паться. И, наконец, повернувшись, оно начнет как бы падать на Землю, но пролетит мимо нее и замкнет уже не круг, а эллипс. Ядро будет двигаться вокруг Земли точно так же, как Земля движется вокруг Солнца, а именно по эллипсу, в одном из фокусов которого будет находиться наша планета.

Если мы еще увеличим начальную скорость ядра, эллипс получится более растянутый. Можно так «растянуть» этот эллипс, что ядро долетит до лунной орбиты или даже значительно дальше. Но до тех пор, пока начальная скорость этого ядра не превысит 11,2 км/сек, оно будет все еще оставаться спутником Земли.

Ядро, получившее при выстреле скорость свыше 11,2 км/сек, навсегда улетит с Земли по параболической траектории. Если эллипс — замкнутая кривая, то парабола — кривая, имеющая две уходящие в бесконечность ветви. Двигаясь по эллипсу, каким бы вытянутым он ни был, мы неизбежно будем систематически возвращаться к исходной точке.



ной точке. Двигаясь же по параболе, в исходную точку мы никогда не вернемся — ветви ее уведут нас в бесконечность. Но, покинув Землю с этой скоростью, ядро еще не может улететь в бесконечность. Могучее тяготение Солнца изогнет траекторию его полета, замкнет вокруг себя подобие траектории планеты. Ядро станет сестрой Земли, самостоятельной крохотной планеткой в нашей семье планет.

Для того чтобы направить ядро за пределы планетной системы, преодолеть солнечное притяжение, надо сообщить ему скорость свыше 16,7 км/сек, да направить его так, чтобы к этой скорости приложилась скорость собственного движения Земли по вековечной орбите.

Скорость около 8 км/сек (эта скорость зависит от высоты «горы», с которой стреляет наша пушка) называют круговой скоростью, скорости от 8 до 11,2 км/сек — эллиптическими, от 11,2 до 16,7 км/сек — параболическими, а свыше этой цифры — скоростями отрыва.

Здесь же следует добавить, что приведенные нами значения этих скоростей справедливы только для Земли. Если бы мы жили на Марсе, круговой скорости достичь было бы значительно легче — она там составляет всего около 3,6 км/сек, а параболическая скорость лишь незначительно превосходит 5 км/сек. Зато отправить ядро в космический рейс с Юпитера было бы значительно труднее, чем с Земли: круговая скорость на этой планете равна 42,2 км/сек, а параболическая даже 61,8 км/сек!

Наиболее трудно было бы покинуть свой мир жителям Солнца (если бы, конечно, таковые могли существовать). Круговая скорость для нашего светила должна составлять 437,6 км/сек, а скорость отрыва 618,8 км/сек!

Современников восхищало изящество формулы закона Ньютона. Так легко было подставить в нее вместо букв цифровые значения и тут же получить искомую величину взаимного притяжения тел!

Оказалось, что Солнце притягивает Землю с силой, равной примерно 10^{27} гс-см/сек² = 10^{19} тс-м/сек² = 10^{22} ньютон. Земля удерживает около себя Луну с силой, равной 10^{25} гс-см/сек² = 10^{17} тс-м/сек² = 10^{20} ньютон.

Человек массой в 70 кг притягивается к Земле с силой, равной 68,7 кгс.

Взаимное притяжение двух людей, находящихся в шаге друг от друга, составляет приблизительно одну сороковую

Затем нашлись поводы и для гораздо более серьезных расчетов.

В 1682 г. известный английский астроном Галлей, близкий друг Ньютона — высчитал орбиту яркой кометы, польхавшей тогда в небе своим длинным пушистым хвостом. Рассчитал он ее по формулам, данным в «Началах», предсказал, что комета эта — ей было присвоено имя ученого — вернется в 1759 г. И комета Галлея действительно вспыхнула на небе уже после смерти Ньютона и Галлея. Она, словно специально, явилась в точно назначенный срок, чтобы засвидетельствовать истинность теории и точность расчетов ученых.

В течение длительного периода времени астрономов и математиков озадачивало таинственное поведение самой дальней известной в те годы планеты Солнечной системы — Урана. Конечно, и ее орбита была вычислена по формулам «Начал» со скрупулезной точностью. Но... планета то опаздывала в место, предназначенное ей вычислениями, словно ее что-то тормозило, то, наоборот, двигалась ускоренно, словно ее подгоняла какая-то неведомая сила. Это дало даже поводы высказывать сомнения в универсальности закона всемирного тяготения... Геттингенская Академия наук в 1842 г. объявила денежную премию за решение загадки Урана.

Петербургский астроном Лексель первым высказал предположение, что аномалии в движении Урана вызываются возмущающим действием неизвестной заурановой планеты. Французский ученый Урбен Леверье произвел соответствующие вычисления и сообщил немецкому астроному Галле координаты места, в котором должна находиться неизвестная планета. В сентябрьский вечер 1846 г., сразу же по получении письма от Леверье, Галле поднялся к телескопу и направил его на указанное место неба. Утром он сошел вниз соавтором открытия новой планеты Солнечной системы — Нептуна.

Но уже настало время распространить закон всемирного тяготения и за границы нашей системы. В 1842 г. немецкий астроном Ф. Бессель заметил, что яркий Сириус — одна из интереснейших звезд Северного полушария — ведет себя несколько легкомысленно: он как бы пританцовывает на месте, отклоняясь периодически то вправо, то влево от центрального положения. Бессель провел соответствующие вычисления и пришел к выводу, что у Сириуса есть невидимый спутник, вызывающий колебания видимой звезды. И в 1862 г. эта звезда — двойник Сириуса — была открыта. Расчеты оп

равдались, и это еще раз подтвердило всеобщность великого закона.

Закон всемирного притяжения стал действительно всемирным

„ГИПОТЕЗ Я НЕ СТРОЮ...“

На фоне дрящущегося уже несколько столетий блистательного триумфа открытого Ньютоном закона как-то не хочется говорить о его некоторой, что ли, ограниченности, недоказанности.

Действительно, закон этот выведен методом чистой индукции. Суть этого метода в том, что, установив опытным путем какой-либо факт и убедившись, что он справедлив для других аналогичных конкретных случаев, его действие распространяют на все подобные случаи.

Приведем простейший пример такого индуктивного метода мышления. Из опыта мы знаем, что береза, если ее поджечь, горит. Ставим опыты и убеждаемся, что в аналогичных условиях (костра, камина, русской печи) горят осина и дуб, клен и сосна. И мы объявляем об открытии закона: дерево горит!

Абсолютен ли наш закон? Не может ли отыскаться в джунглях Африки, в дебрях уссурийской тайги дерево, которое не будет гореть? Будут ли подчиняться этому закону марсианские и венерианские деревья? Мы не можем гарантировать этого.

Так же, методом индуктивного мышления, был открыт Ньютоном и великий закон всемирного тяготения. Да, ему подчиняются все планеты и все спутники Солнечной системы. Да, как мы уже знаем, ему следуют и двойные звезды вашей Галактики. Но везде ли он справедлив, или найдется «негорючее дерево» — мир, где этот закон неприменим?

Кстати, в течение многих лет даже очень большие ученые, такие, скажем, как Гюйгенс, отчаявшись подтвердить наличие взаимного тяготения между небольшими телами опытным путем, пытались свести действие закона всемирного тяготения только к миру планет и лун. И только после блистательных опытов волшебника физической лаборатории, английского физика Генри Кавендиша в 1798 г. прекратились нападки на великий закон с этой позиции. Применяя для измерения притяжения небольших тел крутильные весы, с помощью которых он измерял взаимодействие электрических зарядов, Кавендиш измерил и величину притяже-

ния тел. Это позволило установить значение коэффициента, входящего в формулу закона Ньютона. Наверное, имеет смысл привести это значение: $6,6 \cdot 10^{-8} \text{ см}^2 / (\text{сек}^2 \cdot \text{г})$. Заметим, что оно отличается от полученных позже другими исследователями всего на один процент!

Но ни эксперименты Кавендиша, ни какие бы то ни было другие эксперименты такого же рода не позволяют никогда обрести абсолютную уверенность в справедливости Закона тяготения во всех случаях.

В чем же дело?

В том, что нам неизвестен механизм всемирного тяготения. «Ньютоновское тяготение... не объясняет, — писал Энгельс, — а представляет наглядно современное состояние движения планет». Нам неизвестно, чем, какими причинами вызывается взаимодействие всех тел вселенной.

Что ж, Такой путь познания — сначала ответить на вопрос «как?», а потом на вопрос «почему?», — довольно обычен в науке. Вспомните хотя бы историю открытия другого великого закона природы — закона периодического изменения свойств химических элементов, расположенных в порядке возрастания их атомных масс. Чаще этот закон представляют в виде Периодической таблицы элементов Д. И. Менделеева. Так вот, когда Д. И. Менделеев впервые сформулировал этот закон и даже предсказал на его основе свойства нескольких еще не открытых элементов, было абсолютно неясно, почему химические свойства элементов зависят от их атомной массы.

Таким путем шел и Ньютон. В «Началах» он подчеркивает, что сначала надо изучить законы и свойства притяжения, и лишь потом можно будет исследовать причину притяжения. Нельзя сказать, что Ньютона эта «причина» не интересовала. На протяжении многих лет он размышлял над возможным механизмом силы, проявляющей себя через сотни миллионов километров пространства, лишенного на первый взгляд каких-либо материальных образований. И Ньютон прибегает к гипотезе о существовании эфира.

В 1675 г. он объясняет притяжение к Земле тем, что заполняющий всю вселенную эфир непрерывными потоками устремляется к центру Земли, захватывая в этом движении все предметы и создавая силу тяготения. Такой же поток эфира устремляется к Солнцу и, увлекая за собой планеты, кометы, астероиды, обеспечивает их эллиптические траектории.

Это была не очень убедительная, хотя и абсолютно математически логичная, гипотеза. Однако в 1679 г. Ньютон

создает новую гипотезу, объясняющую механизм тяготения. На этот раз он наделяет эфир свойством иметь различную концентрацию вблизи планет и вдали от них. Чем дальше от центра планеты, тем, якобы, плотнее эфир. И есть у него свойство «выдавливать» все материальные тела из* своих более плотных слоев в менее плотные. И «выдавливаются» все тела на поверхность Земли.

В 1706 г. Ньютон резко отрицает само существование эфира.

В 1717 г. он вновь возвращается к гипотезе «выдавливающего» эфира.

Гениальный мозг Ньютона бился над разгадкой великой тайны и не находил ее. Этим и объясняются столь резкие метания из стороны в сторону.

Ньютон любил повторять: «Гипотез я не строю...»

И хотя, как мы только смогли убедиться, это не совсем так, можно констатировать одно: Ньютон умел четко отграничивать вещи бесспорные от зыбких и спорных гипотез. И в «Началах» есть формула великого закона, но нет никаких попыток объяснить его механизм.

Великий физик завещал эту загадку человечеству.

Умер он в 1727 г.

Окончательно она не разгадана и сегодня.

„ACTIO IN DISTANS“

Вряд ли имеет смысл спорить сейчас о том, правильно или неправильно поняли Ньютона его последователи, принявшие как освященный высшим авторитетом его постулат «actio in distans» — действие на расстоянии. Под этим понималось передающееся мгновенно взаимодействие тел без участия промежуточной среды. А ведь это невозможно представить. Невозможно представить передачу движения или действия без участия материальных агентов, уе в результате их непосредственного соприкосновения. И ученые-материалисты дружно выступили против «Actio in distans». Среди них был и великий русский ученый-энциклопедист Михаил Васильевич Ломоносов.

Ломоносов не представлял себе движения без материи и материи без движения. С этой позиции подошел он и к вопросу о механизме притяжения — взаимодействия отстоящих далеко друг от друга тел.

По мнению Ломоносова, высказанному пм в 1748 г., всю вселенную наполняет некая «тяготительная материя». Она

тоже находится в постоянном движении, и взаимодействие частиц этой материи с телами и вызывает эффект тяготения друг к другу.

Тридцатью четырьмя годами позже, в 1782 г., немецкий ученый Г. Лесаж подробно развил теорию механизма тяготения, подобную высказанной Ломоносовым. Надо сразу отметить, что Лесаж, видимо, ничего не знал об идеях нашего великого соотечественника. Какая несправедливость, что труды одного из самых прозорливых людей в мире не стали сразу же достоянием всего человечества!

По предположению Лесажа, всю вселенную заполняют бесчисленные «ультрамикровые» частицы, летящие хаотически во всех направлениях. Эти частицы обладают особыми свойствами. Во-первых, они движутся с очень большими скоростями. Во-вторых, они очень малы и в своем движении почти не сталкиваются: одна частица из ста сталкивается с другой такой же не чаще, чем раз в несколько тысяч лет!

Представим себе какое-либо тело, неподвижно висящее в пространстве и подвергающееся бомбардировке этими частицами. Поскольку они ударяют в него со всех сторон и количество этих ударов, направленных в разные стороны, примерно одинаково, тело остается неподвижным.

Но представьте себе, что таких тел в пространстве два. Совершенно очевидно, что они экранируют друг друга, и равенства получаемых каждым из них импульсов от ударов частиц уже не будет. Частицы будут сближать эти тела, пока они не соединятся в одно. И они же будут мешать их разделению...

Лесаж ввел и дополнительные условия. Поглощение этих частиц идет равномерно по всей массе тела, и поэтому сила, сдвигающая тела, пропорциональна их массам. Частицы, как мы уже сказали, практически не сталкиваются друг с другом, и в этом случае обеспечивается обратная пропорциональность величины сближающего усилия квадрату расстояния между ними. Таким образом, гипотеза Лесажа не только качественно, но и количественно соответствовала закону Ньютона.

Впрочем, в это время уже мало кого интересовал механизм всемирного тяготения. Люди привыкли пользоваться формулами Ньютона и не задумывались над тем, что лежит в их основе. Ученых волновало другое: первые, казавшиеся такими чудесными, открытия в области электричества, магнетизма, открытие новых химических элементов. И гипотезу Лесажа сначала не заметили, а потом забыли. Вспомнили о ней только через сто лет, в 70-х годах прошлого века.

Но уже зато запомнили накрепко и надолго. Многие ученые пытались ее модернизировать, усовершенствовать, привести в соответствие с современными данными науки. «Ультрадаровые» частицы объявляли абсолютно упругими и абсолютно неупругими, гладкими и шероховатыми. Позже их заменили квантами электромагнитного излучения. Гипотезу подвергали многочисленным опытным проверкам. В 1872 г. Г. Шрамм, позже В. Томсон, Тэй, Изенкраге, Дж. Дарвин, Максвелл, А. Пуанкаре, Лоренц, Пикар, Бок — можно, наверное, целую страницу исписать именами ученых, которые в той или иной степени в конце XIX и начале нашего века занимались этой гипотезой. И это не случайно. Привлекала ее крайняя наглядность и простота. Но наступало новое время...

Вернемся, однако, еще раз к ньютоновскому «*Actio in distans*».

Гипотеза Лесажа была не единственной, вокруг которой шли споры в прошлом веке. Для объяснения механизма тяготения в первую очередь привлекли, конечно, эфир. О, сколько раз в истории науки ученые отказывались от него и в бессилии снова обращались к нему! Но еще ни одного явления по-настоящему не объяснил эфир, в том числе и самого себя.

В 1816 г. Геропат попытался объяснить притяжение планет к Солнцу неравномерным прогреванием мирового эфира лучами центрального светила. Вблизи Солнца нагретый эфир менее плотен, чем вдали. Давление более плотного эфира на внешнюю сторону планеты и «отжимает» планеты к Солнцу.

В 1859 г. Челлис исследовал действие продольных волн в упругой жидкости на погруженные в нее неупругие шары. Оказалось, что, если шар достаточно мал по сравнению с длиной волны, он движется к источнику колебаний. Так не заставляет ли Солнце колебаться мировой эфир, создавая в нем волны огромной длины, которые и влекут к нему неупругие шарики планет?

В 1881 г. К. А. Бьеркнес заставил синхронно пульсировать под водой два барабана. Барабаны сближались. Может быть, механизм всемирного притяжения аналогичен механизму этого опыта?

Конечно, все перечисленные гипотезы сегодня имеют лишь историческое значение. Но их обилие свидетельствует, что на протяжении минувших после Ньютона веков ученые никак не могли согласиться с его «*Actio in distans*»... И они упрямо искали промежуточный механизм, который,



подобно мосту, соединил бы Солнце с планетами, планеты с молекулами их атмосфер и вообще любые две материальные точки вселенной.

ТЯГОТЕНИЕ НЕ СУЩЕСТВУЕТ ВНЕ ВРЕМЕНИ...

Не могли ученые согласиться и с другим утверждением Ньютона — о мгновенности распространения силы притяжения. Простой здравый смысл сопротивляется представлению о мгновенности распространения какого бы то ни было воздействия. Не мог с этим согласиться и знаменитый французский астроном и математик Пьер Лаплас — создатель первой космогонической теории, носящей его имя.

Рядом остроумных расчетов он пытался определить скорость распространения силы тяготения, но получал фантастически большую величину. Увы! В его рассуждения с самого начала вкралась логическая неточность.

Лаплас пытался проанализировать методом математического анализа и другой сложнейший вопрос из области тяготения — поглощается ли тяготение поставленными на его пути экранами, прозрачна ли для него материя, или она поглощает его, как толща даже самого прозрачного стекла поглощает лучи света.

Однако и сегодня мы еще не знаем ответа ни на первый, ни на второй вопросы, поставленные Лапласом.

Конечно, Лаплас был не последним, пытавшимся ответить на вопрос о скорости распространения тяготения. В 1888 г. серьезные теоретические расчеты выполнил Гиппергер. Он получил, что эта скорость минимум в 500 раз превышает скорость света!

В 1927 г. аналогичный вывод сделал Беккер. Это было уже после создания теории относительности Эйнштейна. Конечно, ни один из описанных расчетов не претендует на то, чтобы стать окончательной истиной. А какова она сегодня — еще не известно.



Итак, дискуссии о физической сущности закона Ньютона не утихали, но сам закон был общепризнан. И то обстоятельство, что ни одна гипотеза не объясняла, каким именно образом гравитационное взаимодействие осуществляется, скомпрометировать великий закон не могло.

Так что же, к концу прошлого века инакомыслящих не оставалось? Эфир ли служит посредником при взаимодействии тел или частицы Лесажа подталкивают тела друг к другу — так ли это важно? Закон-то верен. И пусть действие его не мгновенно — дела-то это не меняет!

Но инакомыслящие были. Правда, не закон тяготения ставили они под сомнение. Представления о пространстве и времени, которыми руководствовался Ньютон, претерпели к началу нашего столетия фундаментальные изменения. И прежде чем нам вступить в XX век, уже в первом десятилетии которого мощные потрясения обрушились на здание тогдашней физики, задержимся в прошлом веке на две короткие главки.

„ТРЕЩИНА“ ЕВКЛИДОВОГО МИРА

Мы много говорили о тяготении, об открытиях Ньютона, но нигде не задавались вопросом: а какие представления о пространстве и времени господствовали во времена Ньютона? Между тем это очень важный вопрос.

Представления о пространстве и его геометрии всегда были тесно связаны с механикой, с вопросами движения планет. Так было и во времена античной науки, справедливо это и для нового времени. По если ошибки Аристотеля в вопросах тяготения были преодолены во времена Ньютона, то геометрия Евклида оставалась незыблемой и единственной вплоть до девятнадцатого века.

Каким представлял себе пространство Ньютон?

Во-первых, «скроенным» по выкройке евклидовой геометрии. Здание ее казалось столь прочным, а архитектура настолько непогрешимой, что геометрия Евклида чуть не на Двадцать веков пережила своего великого создателя, на полтора века — создателя первой теории тяготения.

Между тем один из кирпичиков этого здания заметно Шатался. Это — пятый постулат Евклида, постулат о параллельных. Многие геометры пытались доказать его и вывести таким образом из разряда постулатов, сведя лишь к теореме. Но тщетно — пятый постулат, смущавший еще самого Евклида, не давался в руки ученых. Рассказ о его судьбе мог бы стать занимательнее иного детектива, а развязка по своей неожиданности украсила бы любой приключенческий роман. Оказалось, что евклидова геометрия, единолично правившая миром так долго, вовсе не единственна. Можно создать иную геометрию, не уступающую в логичности и внут-



ренной непротиворечивости евклидовой, в которой пятый постулат подросту неверен, а параллельные — пересекаются. Такую геометрию, названную гиперболической, создали в первой половине прошлого века Н. И. Лобачевский и Я. Бойяи.

Это было великое открытие, но как почти любое истинно новаторское, оно было холодно встречено современниками и долгое время замалчивалось. Существование иной геометрии, нежели та, какой учили в гимназиях и университетах, представлялось невозможным, а идеи Лобачевского многим казались кощунственными, если не безумными.

Однако идеи новой геометрии в то время уже висели в воздухе. Великий математик Гаусс и раньше высказывал мысль о возможности ее существования.

Проще всего — представить себе неевклидову геометрию в двумерном случае, на поверхности сферы. Самыми короткими линиями между любыми двумя точками на сфере будут круги наибольшего радиуса — они соответствуют прямым на поверхности Евклида. Но если в геометрии Евклида два перпендикуляра к одной прямой параллельны и нигде не пересекаются, то на сфере любые два больших круга имеют две точки пересечения. Это значит, что в отличие от поверхности Евклида — плоскости, поверхность неевклидовой геометрии обладает кривизной.

Но если поверхность некоторой кривизны мы можем представить себе зрительно, то пространство, обладающее кривизной, — для нас абстрактно. Именно для таких пространств построили геометрию Н. И. Лобачевский и Бойяи. Не без влияния авторитета Гаусса к 60-м годам XIX столетия новая геометрия становится общепризнанной, а ее авторы — знаменитыми.

К тому же времени высказываются многими учеными и идеи многомерных пространств. Может быть, толчком в этом направлении послужило замечание Лагранжа, оброненное им как-то, о том, что механику можно трактовать как геометрию четырех измерений: трех измерений евклидова пространства и четвертого — времени. Насколько эта идея важна, мы увидим в дальнейшем — важна прежде всего для построения новой теории тяготения. Пока лишь мы кратко остановимся на том, что же такое четвертое измерение.

Чтобы понять это, удобно воспользоваться примером, предложенным немецким естествоиспытателем Гельмгольцем. Представим себе, что на некоторой плоскости живут двумерные существа. Для них не существует понятия верх-низ, а только вбок, вперед или назад. Чтобы лучше пред-

ставить это, достаточно сообразить, что им, этим двумерным существам, никогда не приходится просверливать отверстий — сверлением свой двумерный образец они непременно разделят пополам. Как объяснить им, что существует кроме их мира — наш, трехмерный?

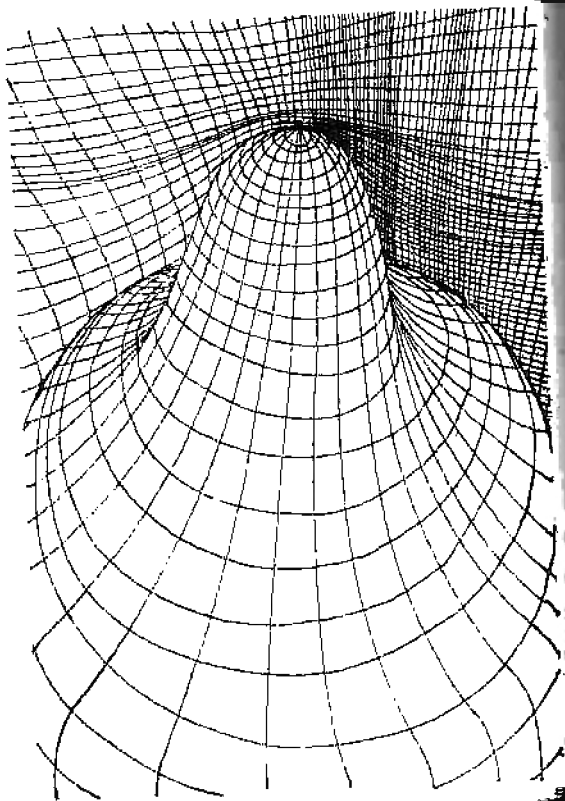
Очевидно, нам пришлось бы объяснить им, что из вершины понятного им квадрата можно восстановить перпендикуляр, который будет перпендикулярен к каждой из сторон. Проверить наглядно наше утверждение они не смогли бы, но поверить нам, основываясь на доступной им аналогии, — вполне. Так же приходится поступать и нам — перпендикуляр ко всем трем сторонам куба уведет нас в иное, четырехмерное пространство, но пространство евклидово. Понятия многомерности пространства и его кривизны были соединены в работах последователей Н. И. Лобачевского, а сейчас лишь остается сказать, что труд математика Г. Гроссмана «Учение о протяженности», в котором наиболее последовательно были развиты идеи многомерной геометрии, признан был лишь через двадцать лет после опубликования.

УЧИТЕЛЯ И УЧЕНИКИ

На первый взгляд может показаться, что все, о чем мы только что рассказали, не имеет отношения к теме нашего разговора — тяготению. Между тем именно новые идеи в геометрии приблизили геометрию к механике, а физиков — к пониманию свойств гравитации. Самый первый и очень важный шаг в этом направлении был сделан немецким математиком Бернгардтом Риманом в 1854 г.

В этом году Риман получил звание приват-доцента Геттингенского университета. Для вступления в профессорскую коллегию ему нужно было прочесть лекцию. Он предложил три темы, из которых Гаусс выбрал одну: «О гипотезах, лежащих в основании геометрии». Эта работа теперь входит в список наиболее выдающихся научных произведений нового времени.

Прежде всего Риман углубил геометрию Н. И. Лобачевского и Бойяи. Н. И. Лобачевский рассматривал пространства некоторой постоянной кривизны, а Риман, используя математический аппарат, разработанный Гауссом, рассмотрел пространства, в которых величина кривизны может изменяться от точки к точке. Но не это было решающим.



Риман, помимо занятий математикой, работал и над общими проблемами физики. Поэтому не удивительно, что идеи новой геометрии приобрели в его работе глубокий и пророческий физический смысл.

Здесь мы должны сделать краткое отступление. Помните, мы говорили, что пространство для Ньютона было скроемо по геометрии Евклида. Теперь нужно добавить: кроме этого, Ньютон считал пространство абсолютным. Вот что писал он в «Началах»: «Абсолютное пространство по самой своей сути безотносительно к чему бы то ни было внешнему остается всегда одинаковым и неподвижным». Таким же «скучным» мыслилось и время, оно тоже считалось абсолютным, везде одним и тем же, текущим плавно.

Для механики Ньютона абсолютные пространство и время были необходимы. Ньютоновская механика одержала блистательную победу, и в свете этого триумфа «абсолютное» пространство утвердилось, стало привычным и общепринятым.

И вот в своей лекции Риман заявляет: бессмысленно говорить о свойствах пространства, если не принимать в расчет материальное наполнение этого пространства. Лишь определенное распределение материи определяет конфигурацию пространства, искривляет его.

Смелость мысли Римана была поразительна: ведь он пошел против великого Ньютона и выдвигал теорию, родственную той, против которой боролся и которую победил Ньютон.

В чисто математическом плане идеи Римана сразу же были восприняты. Началось развитие теории римановых пространств, и современная геометрия своими достижениями обязана Риману. Но в физическом плане ученые не торопились расстаться с идеей абсолютного пространства. Слова Римана, которыми он закончил свою знаменитую лекцию: «...мы стоим на пороге области, принадлежащей другой науке, и переступить его нам не дает повода сегодняшний день», были восприняты современниками, наверное, слишком буквально. «Сегодняшний день» растянулся больше, чем на полстолетия. Пожалуй, с полным основанием среди Ученых XIX века, которые восприняли физические идеи Римана, можно назвать лишь математика Клиффорда (1845—1879), который во время своего доклада в Кембридже произнес слова, читающиеся сегодня как фраза из лекции по общей теории относительности: «...изменение кривизны пространства составляет в действительности явление, называемое нами движение материи».

...Ученые бывают разные. Бывают ученые, которые очень не любят, когда открываются новые факты, новые явления, не укладывающиеся в рамки старых, возведенных в догму законов. Они готовы не замечать факты, оспаривать их; бывает, они преследуют людей, открывших эти факты, как преступников, совершивших недозволённое законом и моралью.

Впрочем, почему мы назвали этих людей учеными? Настоящие ученые всегда рады появлению новых, выходящих за рамки старых представлений, фактов. Они видят за ними возможность подняться на новый уровень познания природы.

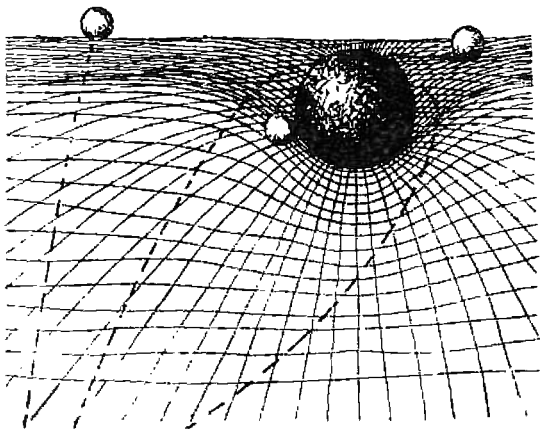
Таким ученым был величайший физик нашего века Альберт Эйнштейн. Он сделал следующий после Ньютона крупный шаг в познании тяготения.

Но о нем — в следующей главе.

2.



ТЕОРИЯ ТЯГОТЕНИЯ ЭЙНШТЕЙНА



Зачастую в науке плод истины удается сорвать одному. Он, этот счастливцев, получает лавры и почести, между тем взрыхлял почву, сажал и растил дерево, конечно же, не он один. Но слава капризна: она выбирает лишь победителей, не взирая ни на какие «чуть-чуть». Помните, сколько близки к открытию закона тяготения были предшественники Ньютона? Однако именно это самое «чуть-чуть» пришлось на долю гениального англичанина.

Глядя из сегодняшнего дня, нам с вами не всегда удастся понять: как не сделал никто другой последнего шага — такого короткого, такого простого. Но история повторяется — в нашем двадцатом веке одно из самых фундаментальных открытий — открытие Эйнштейна — тоже, казалось бы, чуть-чуть не было сделано без него. Однако в разговоре о рождении современной теории относительности мы не будем руководствоваться детской присказкой «чуть-чуть не считается». В этой главе мы хотим рассказать не только о самой теории тяготения Эйнштейна, которая и по сей день является самой полной и которую сам автор в своей знаменитой статье 1916 г. окрестил общей теорией относительности (ОТО). Мы расскажем и о тех, кому этого самого «чуть-чуть» не хватило, но чей вклад в основание, на котором гений Эйнштейна воздвиг пирамиду ОТО, был весом и внушителен. Некоторые имена вы уже знаете: Гаусс, Риман, Клиффорд. Сам Эйнштейн в предисловии к этой статье указал Минковского, Кристоффеля, Риччи, Леви-Чивитта. К этим именам мы хотим добавить и другие, никоим образом не претендуя, впрочем, на то, чтобы представить здесь весь список, составить полный реестр и всем участникам тогдашней «драмы идей», разыгравшейся на сцене физики начала нашего века, воздать по заслугам.

ПЕРВЫЕ СОМНЕНИЯ

Помимо того, что к концу того века с достаточной очевидностью выяснилась несостоятельность взглядов Ньютона на время и пространство, ученым стал известен целый ряд фактов, ставивших под сомнение непогрешимость самого великого закона.

К примеру, сначала Нейман, а затем в 1894 г. Зеелигер произвели в соответствии с законом Ньютона расчет, приведший к необъяснимому парадоксу.

Вселенная бесконечна и бесконечно многообразна. Время ее существования ничем не ограничено. Просторы Все-

ленной заполнены материальными телами, т. е. Вселенная имеет какую-то среднюю плотность вещества. Зеелигер решил, используя закон Ньютона, определить силу тяготения, создаваемую массой всей бесконечной Вселенной в ее какой-нибудь точке.

И вот, произведя соответствующие вычисления, Зеелигер получил, что сила тяготения в случае постоянной плотности вещества во Вселенной пропорциональна радиусу Вселенной. А раз он бесконечно большой, ибо Вселенная не может иметь конца в пространстве, то сила всемирного тяготения в каждой точке Вселенной должна быть бесконечно большой. Однако мы этого не наблюдаем. Так, значит, закон всемирного тяготения несправедлив в масштабах всей Вселенной?

Для обеспечения возникшего противоречия было высказано много разнообразных предположений. Первое, напрашивающееся само собой: плотность распределения материи убывает с расстоянием, и где-то очень далеко материи нет совсем. Представить себе такую картину — значит допустить возможность существования пространства без материи. Но это абсурд: пространство можно мыслить только как форму существования материи. Следовательно, приведенное объяснение парадокса Зеелигера не выдерживает никакой критики.

Сам Зеелигер высказал другое предположение. Он допустил, что сила тяготения ослабевает с расстоянием не обратно пропорционально квадрату расстояния, а несколько быстрее. Это частично объясняло парадокс, но ставило под сомнение точность классического закона Ньютона.

Кроме парадокса Зеелигера, ученые обнаружили и другие явления, для которых выводы из закона всемирного тяготения не вполне точно соответствовали данным наблюдений и опытов.

Планеты движутся по эллипсам, в одном из фокусов которых находится Солнце,—этот закон сформулировал Кеплер и подтвердил на основе закона всемирного тяготения Ньютон. Точные вычисления показали, что перигелии — наиболее близкие к Солнцу точки планетных эллипсов — со временем смещаются в направлении обращения планет. Для Меркурия, согласно вычислениям, это смещение должно быть равно 5558 угловых секунд за 100 лет. Между тем наблюдения астрономов показали, что вековое смещение составляет 5600 угловых секунд. Откуда этот избыток в 42 угловых секунды?! Ведь это скандал в небесной механике!

Конечно, это был не единственный факт в физике конца прошлого века, который требовал специального объяснения. Были и еще кое-какие «мелочи», требовавшие рассмотрения. Но в общем картина физического строения мира представлялась абсолютно завершённой. Те два-три мазка кисти мастера, которые требовались, для того чтобы убрать досадные «мелочи», казалось, будут сделаны не сегодня, так завтра. Одному молодому человеку, впоследствии ставшему выдающимся ученым, его учитель сказал:

— Вы собираетесь работать в физике? Но там же все уже сделано. Это завершившая свое развитие наука. Вы погубите свой талант, если пойдете в нее!

КУДА ДУЕТ ЭФИРНЫЙ ВЕТЕР?

Однако от некоторых «неудобных» результатов не так-то просто было отмахнуться.

В 1887 г. в журнале «Американский журнал естественных наук» появилась статья за подписью А. Майкельсона и Э. Морли под названием «Об относительном движении Земли и светового эфира». Позднее английский философ и физик Дж. Бернал назвал результат, описанный в этой статье, «величайшим из всех отрицательных результатов в истории науки».

Исследования Майкельсона и Морли начались в 1880 г. Цель их была — обнаружить эфирный ветер, который должен обдувать Землю. Ведь в те времена существование неподвижного эфира, наличием которого и пытались объяснить гравитационное взаимодействие, ни у кого не вызывало сомнений. А коли так, коли эфир существует, а Земля движется, то эфирный ветер должен быть зарегистрирован приборами.

Майкельсон был, вероятно, самым замечательным экспериментатором своего времени. Он располагал великолепной аппаратурой. И был почти уверен в успехе.

Опыт был задуман так. Земля движется по своей орбите со скоростью около 30 км/сек. Двигается через эфир. Значит, скорость света от источника, находящегося впереди приемника относительно движения Земли, должна быть большей, чем от источника, находящегося с другой стороны. В первом случае к скорости света должна прибавиться скорость эфирного ветра, во втором случае скорость света должна уменьшиться на эту величину.

Конечно, скорость движения Земли по орбите вокруг Солнца составляет всего одну десятитысячную скорости све-

та. Обнаружить столь небольшую величину очень нелегко. Однако не зря называли Майкельсона «королем точности». Он применил хитроумный способ, расщепив луч на два равных потока и направив их во взаимно перпендикулярных направлениях: вдоль меридиана и по параллели. Отразившись от зеркал, лучи возвращались. В случае, если бы идущий по параллели луч испытал влияние эфирного ветра, при сложении его с меридиональным лучом должны бы были возникнуть интерференционные полосы, волны двух лучей оказались бы сдвинутыми по фазе.

Впрочем, Майкельсону было трудно со столь большой точностью отмерить пути обоих лучей, чтобы они были абсолютно одинаковыми. Поэтому он построил аппарат так, что интерференционных полос не было, а затем повернул его на девяносто градусов. Меридиональный луч стал широтным, и наоборот. Вот теперь-то, если есть эфирный ветер, должны будут появиться черные и светлые полосы на шкале под микроскопом! Но... их не было!

Возможно, при повороте аппарата ученый сдвинул его. Он настроил его в полдень и закрепил. Ведь Земля не только летит вокруг Солнца, она еще вращается вокруг оси. И поэтому в разное время суток широтный луч занимает различное положение относительно встречного эфирного ветра... Вот теперь-то, когда прибор строго неподвижен, можно быть убежденным в точности опыта.

Интерференционных полос снова не оказалось...

Опыт был проведен много раз — и Майкельсон, а вместе с ним и все, по существу, физики того времени были поражены. «Эфирного ветра» не обнаружилось! Свет во все стороны двигался с одной и той же скоростью!

Объяснить этого никто не сумел. Майкельсон еще и еще повторял опыт, совершенствовал аппаратуру и наконец добился почти невероятной точности измерений, на порядок большей, чем необходимо было для успеха опыта. И снова ничего!

Значит, эфира нет?

Но это еще не все, и даже не главное. Пусть свет — поток корпускул. Но и в этом случае должна быть разница между скоростями двух лучей, ибо к скорости одного все равно прибавляется скорость движения Земли, а из скорости другого она вычитается. А этого нет. Скорость света в обоих случаях оказалась одной и той же.

О том, сколь важен этот результат, мы еще будем говорить. Пока отметим лишь одно обстоятельство, иллюстрирующее тот факт, что важные открытия, если они неожиданно

данны, не только не сразу находят признание у современников, но зачастую бывают недооценены и самими авторами.

Несмотря на высочайшую точность и кропотливость проделанных работ, сам Майкельсон после публикации результатов не был убежден в окончательности полученных данных. Вскоре после завершения опытов он публично заявил:

— Поскольку результат опыта был отрицательным, проблема по-прежнему ждет своего решения. На мой взгляд эксперимент не прошел впустую, поскольку поиски разрешения этой проблемы привели к изобретению интерферометра.

«Впустую» эксперимент действительно не прошел. Но, разумеется, не в интерферометре было дело.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Однажды у Альберта Эйнштейна спросили:

— Как вы пришли к вашей специальной теории относительности? При каких обстоятельствах осенила вас гениальная догадка?

Ученый ответил:

— Мне всегда представлялось, что дело обстоит именно так...

Это, конечно, шутка. И, кроме того, — далекая от истины. В этой главе мы не будем последовательно излагать принципы специальной теории относительности, да это и невозможно без привлечения математического аппарата. Мы попытаемся лишь описать ситуацию, в которой специальная теория относительности родилась, и тот эффект, который ее появление произвело в науке, произвело как раз потому, что «дело именно так» обстояло не всегда.



Опыт Майкельсона пришелся на то время, когда многие физики продолжали «воевать» и с действием на расстоянии, и с самой классической формулировкой закона Ньютона. Некоторым ученым еще представлялась перспективной теория частиц Лесажа; Тиссеран, используя математический аппарат Гаусса, попытался уладить «конфликт» закона Ньютона и Меркурия, и ему удалось «подправить» перигелий Меркурия на 28"; Нейман вслед за Лапласом видоизменил ньютоновскую формулу. Однако было очевидно,

что механика топчется на месте. В физике наблюдался определенный застой, предчувствие свежего дуета охватило многих, но узнать откуда этот ветер подует было не просто.

Пожалуй, именно те ученые, которые обратили пристальное внимание на результат опыта Майкельсона — Морли, были ближе других к истине в определении пути, которым пошла физика следующих лет.

Первый важный шаг в объяснении опыта по обнаружению эфирного ветра сделали Фитцджеральд и независимо от него Лоренц. Они предложили экстравагантную по тем временам гипотезу: отрицательный опыт Майкельсона — Морли объясняется тем, что все тела, движущиеся поступательно, изменяют свои размеры! Двигаясь вместе с Землей, приборы сокращались в длине по направлению движения, а если бы Майкельсону пришло в голову механически измерить это сокращение, то у него ничего не вышло бы — ведь любой измерительный прибор тоже сокращается.

Результаты эксперимента гипотеза действительно объясняла, но, разумеется, вызывала чувство неудовлетворенности: при всей своей видимой логичности и остроумии она казалась лишь «гипотезой для данного случая». Как проверить ее? Почему происходит сокращение? Отчего никогда раньше это сокращение никто не замечал?

Отчасти предвосхищая эти вопросы, отчасти защищаясь от оппонентов, в 1904 г. Лоренц опубликовал обзорную статью, в которой пытался поставить точки над «и». Во-первых, сокращению длины, предложенному им еще в 1893 г., он придумал объяснение. Сокращение, по Лоренцу, вызывается давлением эфирного ветра. Но если так, то логично сделать и следующий шаг: эфирный ветер должен ведь воздействовать и на часы, а, значит, само время тоже должно течь по-другому. При такой постановке вопроса нечего было и думать об опытной проверке гипотезы: как сидя в вагоне поезда, идущего с постоянной скоростью по прямому участку пути, мы не можем, глядя из окна, с уверенностью сказать, мы ли движемся или движутся мимо нас телеграфные столбы, так и, двигаясь в эфире вместе с Землей, мы не можем никакими средствами определить сокращение длины и времени.

Таким образом, гипотеза Лоренца смыкалась с принципом относительности ньютоновской механики: в системе, движущейся прямолинейно и равномерно, все законы механики не отличаются от тех, что справедливы в покоящейся системе.

Следующим шагом, сделанным в 1905 г. А. Пуанкаре, было обобщение этого принципа относительности на все законы природы, а не только на законы механики. Таким образом, Пуанкаре залатал те прорехи в теории эфира, которые сделал Майкельсон своим экспериментом и которые не до конца удалось прикрыть Лоренцу. Но расшатанный фундамент классических представлений уже невозможно было укрепить вновь. Одним из обстоятельств, мешавших это сделать, был нерешенный вопрос о скорости света.

Помните, мы говорили о том, что опыт Майкельсона привел и еще к одному, казавшемуся тогда абсурдным, выводу: скорость света не зависит от движения источника света? Вывод этот вопиющим образом противоречил принципу относительности и ставил электромагнитные колебания (свет) в совершенно особое положение по сравнению, например, с колебаниями механическими. Увязать эти противоречия никому не удавалось, пока в том же 1905 г. Альберт Эйнштейн не опубликовал статью, в которой попросту говорил, что противоречия не существует, что два постулата — принцип относительности и независимость скорости света — не только не конфликтуют, а позволяют многое объяснить, если принять их одновременно.

Мы намеренно не поставили в кавычки лихое «попросту» в предыдущей фразе. Ведь предложение Эйнштейна было настолько ослепительно просто, что ни у кого не могло сразу уложиться в голове.

Мы не будем приводить все следствия специальной теории относительности, а ограничимся лишь теми, которые в конечном счете привели к созданию теории гравитации...

Представьте себе летящий в пространстве звездолет. Сразу предупредим: звездолет очень своеобразный, такой, о каком вы и в фантастических рассказах не читали. Длина его — 300 000 км, а скорость — ну, скажем, 240 000 км/сек. И пролетает этот звездолет мимо одной из промежуточных в космосе платформ, не останавливаясь у нее. На полной скорости.

На палубе звездолета стоит с часами один из его пассажиров. А мы с вами, читатель, стоим на платформе — ее длина должна соответствовать величине звездолета, ибо иначе он не сможет пристать к ней — 300 000 км. И в руках у нас тоже часы.

Мы замечаем: в тот миг, когда нос звездолета поравнялся с задней границей нашей платформы, на нем вспыхнул фонарь. Через секунду луч света достиг передней границы нашей платформы. Мы не сомневаемся в этом, ибо

знаем скорость света и нам удалось точно засечь по часам соответствующий момент.

Навстречу лучу света летел космический корабль. И мы совершенно определенно видели, что луч света озарил его корму в тот момент, когда она была где-то вблизи середины платформы. Мы определенно видели, что луч света преодолел не 300 000 км от носа до кормы корабля. Но...

Но пассажиры на палубе звездолета уверены в другом. Они уверены, что луч преодолел все расстояние от носа до кормы — 300 000 км. Ведь он потратил на это целую секунду... Они тоже абсолютно точно засекли это по своим часам. Да и как может быть иначе: ведь скорость света не зависит от скорости движения источника...

Этот результат принято называть относительностью одновременности. Вопреки всем установившимся предположениям, Эйнштейн теоретически доказал, что не существует во Вселенной некоего абсолютного времени. Имеются лишь местные времена или, как говорил Эйнштейн, собственные времена объектов. В рамках местного времени можно точно сказать, что произошло «до», а что «после». Но если рассматривать большие расстояния и значительные интервалы времени, то понятия «до» и «после» теряют смысл.

Удояняем о еще двух следствиях специальной теории относительности: росте массы тела в прямой зависимости от роста его скорости и о связи между массой тела и его полной энергией.

Масса тела, которая определяет его способность к гравитационным взаимодействиям, называется гравитационной, в отличие от инертной массы, которая служит мерой инертности тела. О равенстве гравитационной и инертной масс нам придется еще много говорить,—а равенство это вовсе не очевидно — пока лишь запомним, что сейчас речь идет лишь об инертной массе.

Лоренцово сокращение оказалось прямо вытекающим из постулатов специальной теории относительности. Легко было получить математический вывод: чем ближе скорость тела к скорости света, тем больше масса тела. В отличие от массы покоя, массу движущегося тела называют релятивистской массой, если скорость тела так велика, что изменение массы делается заметным. Если бы какое-то тело достигло скорости света, то масса его оказалась бы бесконечной. Это означает, что предел скорости света недостижим, это тот потолок, выше которого нам не подняться.

И еще один вывод нам понадобится впоследствии. Классическая физика знала две субстанции: вещество

и энергию. Соответственно были известны и два закона Сохранения. Эйнштейн же пришел к выводу: масса и энергия в физическом смысле — одно и то же, а количественно их величины связаны лишь коэффициентом пропорциональности. Таким образом, разница между этими субстанциями оказалась стертой, а закон сохранения теперь остался лишь один — закон сохранения массы-энергии. Что это означает? В определенных ситуациях масса может проявлять себя как энергия, а энергия вести себя подобно веществу. Из всех парадоксальных выводов теории относительности этот, возможно, с точки зрения классической механики представляется самым парадоксальным. Неудивительно поэтому, что все эти выводы, сформулированные окончательно Эйнштейном к 1907 г., вызывали у многих физиков-современников не только непонимание, но зачастую и бурный протест.



Подведем итог сказанному.

Как мы видели, Эйнштейн не был первым, кто поставил под сомнение абсолютность длины и времени. В работах Лоренца, например, были математически выведены формулы, которые затем уже в рамках специальной теории относительности получил Эйнштейн. Даже понятие местного времени, физическая суть которого была раскрыта Эйнштейном, впервые ввел тоже Лоренц. Были и другие, поражающие своей точностью предвидения. Так, Поль Пенлеве в 1890 г. говорил о продольной и поперечной массе, т. е. о понятиях, которые стали необходимы в связи с выводом теории относительности о росте массы со скоростью. А Кауфман в 1902 г. экспериментально установил этот рост массы. Но отчего же тогда творцом теории мы упорно называем Альберта Эйнштейна, если трудно найти в специальной теории относительности звено, — будь то отрицание существования эфира или утверждение предельности скорости света — которое в той или иной форме не содержалось бы в отдельности в трудах его предшественников и современников?

Как видите — та же история, что и во времена Ньютона. Лишь гению подвластно увидеть общий закон в груде па первый взгляд разнородных фактов. Но мы, потомки, отдавая дань гениальности тем, кто такой властью обладал не должны забывать и других, тех, кто в меру своего таланта взрыхлял и удобрял почву, на которой взойшли ростки истины.

СЛЕДУЮЩЕЕ ДЕСЯТИЛЕТИЕ

Споры вокруг специальной теории относительности только разгорались, трудно еще было и предположить, до какого накала дойдет в ближайшие годы «драма идей» на сцене физики. — а отзвуки этой драмы не перестают быть слышны и по сей день — когда в 1907 г. в работе "О принципе относительности и его следствиях" Эйнштейн наметил путь дальнейшего углубления теории — распространения ее на явления гравитации. Этой статьей, пожалуй, открылось блестящее и одно из самых насыщенных в истории физики нашего века десятилетий, которое увенчалось созданием Эйнштейном общей теории относительности.

Мы не хотели бы лишать читателя удовольствия пройти, пусть и очень быстро, этот отрезок от года к году, почувствовать аромат тех лет, атмосфера которых была до предела заряжена электричеством интеллектуальных усилий многих блестящих умов. Тем более, что уже в работе 1907 г. Эйнштейн высказал важные положения будущей теории: равенство гравитационной и инертной масс, влияние гравитационного поля на лучи света.

Год 1908 охарактеризовался важным событием в истории теории относительности: 21 сентября на съезде немецких естествоиспытателей в немецком городе Кельне математик Генрих Минковский выступил со знаменитым докладом «Пространство и время». К тому времени (мы уже говорили об этом в конце прошлой главы) усилиями многих математиков, таких как Риман, Гельмгольц, Клиффорд, была утверждена идея, которую коротко и энергично сформулировал Пуанкаре: «Если бы не было твердых тел, мы не имели бы геометрии». Речь идет о том важном убеждении, что без материи не может быть и пространства, а значит — его геометрии. В то же время и идеи многомерных пространств в научном мире стали общепринятыми. Минковский начал свой доклад словами, ставшими впоследствии программными: «Воззрения на пространство и время, которые я хотел бы развить, возникли на почве физических опытов. В этом их сила. Тенденция их радикальная. Отныне время по себе и пространство по себе должны сделаться всецело теньями и только особого рода их сочетание сохранит самостоятельность». Это, пожалуй, наиболее краткая формулировка той установки, которая ляжет вскоре в основу геометрических представлений Эйнштейна. Бессмысленно говорить о пространстве, реально существует лишь некое

пространство — время. Поэтому и геометрия должна быть не трехмерной, как евклидова, а четырехмерной, и четвертым ее измерением служит время. Любая новая механика должна описывать движение тел не просто в пространстве, а в пространстве — времени с помощью равноправных четырех координат...

Каждый новый шаг в физике сопровождается новыми требованиями и к математике. Во времена Ньютона новые физические представления повлекли за собой создание дифференциального и интегрального исчисления. Так было и во времена Эйнштейна. Принципиально новые физические идеи требовали нового математического аппарата. Кроме геометрических идей Минковского, Эйнштейн использовал и новый аппарат высшей математики, аппарат тензорного анализа, основу которого заложил Кристоффель, а развили Риччи и Леви-Чивитта.

Между тем теория относительности продолжала завоевывать сторонников и порождать противников. Уже в 1909 г. известный физик Макс Планк прочитал в Америке курс лекций по физике, большая часть которого была посвящена теории относительности. Он говорил: «Новое понятие о времени превосходит по своей смелости все, что было сделано до сих пор в области умозрительного естествознания. В сравнении с этим неевклидова геометрия — не больше, как детская игрушка. Между тем в противоположность неевклидовой геометрии, имеющей пока серьезное значение только для чистой математики, принцип относительности претендует на реальное физическое значение». Не нужно быть специалистом, чтобы расслышать в этих словах противоречие с утверждениями Минковского. Действительно, пройдет несколько лет, и никому в голову не придет противопоставлять успехи геометрии успехам физики.

Но были и другие, во всем враждебные теории Эйнштейна, — пока лишь теории — голоса. В 1910 г. немецкий физик Ф. Ленард выступил с изложением своего кредо, в котором говорил о невозможности отказаться от механической точки зрения на природу в угоду недоказательной теории Эйнштейна. Пример Ленарда поучителен: сперва яро и не всегда последовательно критикуя теорию относительности, уже в двадцатых годах он перенес свою нетерпимость — нетерпимость к новому и непонятному ему — с теории на творца. В условиях Германии, шедшей к фашизму, он, физик, правил Эйнштейна, другого физика, как неарийца, а его теорию отвергал, как неприемлемую для «арийской» физики. История не должна прощать и не прощает подлости, а

имена инквизиторов, вне зависимости от того в какое время, в какой стране они жили и какие еще, пусть даже благие, деяния совершили, навсегда остаются покрытыми позором...

Надо сказать, что помимо известных уже нам имен Лоренца, Пуанкаре, Планка, можно назвать много других имен физиков, которые не только горячо восприняли идеи новой теории, но и начали активно работать по ее углублению. Среди них Зоммерфельд, Лауэ, Эддингтон, Лармор, Ланжевэн. Сам Эйнштейн в эти годы работает с поразительной продуктивностью и напряжением. Одна за одной выходят из-под его пера работы, посвященные разным аспектам теории относительности, но к 1911 г. все усилия его концентрируются на создании общей теории гравитации. Он ошибается, в следующей работе критикует сам себя, но неизменно — несмотря на трудности, порой кажущиеся непреодолимыми, — идет и приближается к цели.

В 1913 г. совместно со своим другом, математиком М. Гроссманом Эйнштейну удается дать первый более или менее полный очерк общей теории относительности. В этой работе, названной «Проект обобщенной теории относительности и теории тяготения», окончательно формулируется один из основных принципов — так называемый принцип эквивалентности. Поясним этот принцип знаменитым примером, который впоследствии в литературе стало принято называть «ящиком Эйнштейна». Пример вот какой. Представьте себе, что некий наблюдатель находится в наглухо закрытом ящике и никакими средствами не может установить, покоится ящик или движется с ускорением, равным ускорению свободного падения. В самом деле, наблюдатель стоит на полу ящика, и если представить себе, что от любых гравитационных воздействий он каким-то образом экранирован, то движение с ускорением будет для него полной заменой силы тяжести. В этом и заключается принцип эквивалентности: действие гравитационного поля на некую систему можно рассматривать как ускоренное движение этой системы. Принцип этот, отчетливо сформулированный, давал возможность быстро продвигаться дальше.

Однако не надо думать, что в те годы Эйнштейн работал в «безвоздушном пространстве». Должно быть, никто не станет спорить, что подчас и самые ярые противники могут сослужить службу: в полемике с ними до конца выкристаллизовывается позиция ученого, научные споры заставляют многократно и под разными углами рассмотреть собственную концепцию. А спорить и доказывать свою пра-

воту Эйнштейну приходилось почти в каждой работе того периода. Кроме того, многие ученые шли схожим с Эйнштейном путем. Так, например, Густав Ми интенсивно работал над углублением идеи гравитационного поля, хотя и пытался каким-то образом соединить ее с концепцией эфира. Нужно отметить и богатую переписку того времени Эйнштейна с Эрнстом Махом, «Механике» которого, как он сам неоднократно признавался, Эйнштейн был обязан становлением своего мировоззрения. А работы физика Нордстрема, шедшего с Эйнштейном «параллельным курсом», внесли существенную лепту в теорию Эйнштейна.

В 1914 г. появляется работа Эйнштейна «Формальные основы общей теории относительности». Казалось бы, полшага остается до завершения работы, но уже в следующем году Эйнштейн разочарованно пишет: «...в работах прошлого года я думал, что на самом деле нашел единственный закон гравитации». Это было не так... Никто, и в первую очередь сам Эйнштейн, не мог предугадать, что такое ожидаемое, такое желанное, единственно правильное решение родится уже завтра.

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Честно говоря, это название абсолютно не соответствует содержанию теории, о которой пойдет речь. Она устанавливает взаимозависимость между пространством и материей. По-видимому, более правильно было бы назвать ее «теорией пространства», или «теорией гравитации». Но это название так срослось с теорией Эйнштейна, что даже ставить сейчас вопрос о его замене многим ученым представляется просто неприличным.

Эйнштейн опубликовал общую теорию относительности в 1916 г., а работал над ней с 1907 г. Навивно даже пытаться здесь изложить ее на нескольких страницах, не используя математических формул. Поэтому мы снова вынуждены указать лишь отправной пункт рассуждений и привести некоторые важные для нас в дальнейшем выводы.

...Представим себе, что где-то между Туманностью Андромеды и нашей Галактикой летит некий космический корабль, отправившийся в полет много тысячелетий назад. В начале путешествия неожиданная катастрофа разрушила библиотеку, фильмофонд и другие хранилища разума, память летящего сквозь пространства человечества, И забыта

в смене веков природа родной планеты. Забыт даже закон всемирного тяготения, ибо ракета летит в межгалактическом пространстве, где оно почти не ощущается.

Однако великолепно работают двигатели корабля, практически неограничен запас энергии в его аккумуляторах. Большую часть времени корабль движется по инерции, и жители его привыкли к невесомости. Но иногда они включают двигатели и замедляют или ускоряют движение корабля. Когда реактивные сопла польхают в пустоте бесцветным пламенем и корабль движется ускоренно, жители его ощущают, что тела их становятся весомыми, они вынуждены ходить по кораблю, а не перелетать по коридорам...

И вот близок к завершению полет... Корабль подлетает к одной из звезд и опускается на наиболее подходящую планету. Звездолетчики выходят наружу, идут по покрытой свежей зеленой почве, непрерывно испытывая ощущение тяжести, знакомое по тому времени, когда корабль двигался ускоренно... Но ведь планета движется равномерно. Не может же она лететь им навстречу с постоянным ускорением в $9,8 \text{ м/сек}^2$! И у них возникает первое предположение, что сила притяжения и ускорение дают один и тот же эффект, а может быть, имеют и общую природу.

Никто из землян не был в таком длительном полете, но явление «утяжеления» и «облегчения» своего тела ощущали многие. Уже обыкновенный лифт в момент начала своего движения, когда он движется ускоренно, создает это ощущение. При спуске вы чувствуете внезапную потерю веса, при подъеме, наоборот, пол с большей, чем обычно, силой давит на ваши подошвы.

Но одно ощущение еще ничего не доказывает. Ведь ощущения пытаются убедить нас в том, что Солнце движется по небу вокруг неподвижной Земли, что все звезды и планеты находятся от нас на одинаковом расстоянии, образуя небесный свод, и т. д. Ученые подвергли ощущения опытной проверке. Еще Ньютон задумался над странной тождественностью двух явлений. Он попытался дать им цифровые характеристики. Измерив гравитационную и инертную массы, он убедился, что величины их всегда строго равны друг другу. Из каких только материалов ни делал он маятники опытной установки: из золота, серебра, свинца, стекла, соли, дерева, воды, песка, пшеницы... Результат был один и тот же. И Ньютон пришел к выводу, что веса тел на поверхности Земли пропорциональны их массам. Правда, это было справедливо только в рамках пог-

решности проведенных им опытов. А они были невелики — всего до сотых долей процента.

В 1862 г. соответствующие измерения провел немецкий естествоиспытатель и астроном Фридрих Бессель, повысив точность в десять раз. Он также работал с маятниками, изготовленными из разных материалов, и получил результаты, аналогичные результатам Ньютона.

В конце XIX века аналогичные измерения произвел венгерский физик Роланд Этвеш. За прошедшие три десятка лет измерительные приборы интенсивно совершенствовались и это позволило ему увеличить точность измерений еще в десять тысяч раз. И опять абсолютное совпадение инертной и гравитационной масс! Несколько позже свои исследования он перенес в мир атома и убедился, что и для атомных ядер справедлив тот же вывод.

В последние годы ученые еще раз поставили аналогичный опыт. Точность измерений удалось увеличить еще в сто раз. Результат оставался все тем же...

Для Ньютона факт совпадения инертной и гравитационной масс не имел принципиального значения... Это казалось скорее случайным совпадением, чем фундаментальным законом природы. Эйнштейн придал этому «совпадению» большое значение. Он сделал из него вывод о совпадении сущности обоих понятий, показав, что в любом физическом явлении действия гравитационного поля и инерциальных ускорений взаимозаменяемы. Ведь для наших межгалактических путешественников действие ускоренно летящего корабля и притяжение «неподвижной» планеты было неразлично никакими приборами. И действительно, в совсем недавние времена, когда еще было неясно, может ли человек переносить длительное состояние невесомости, уверенно утверждали, что ускорение космических кораблей заменит в случае необходимости действие силы тяжести, к которому привык организм землян.

«Принцип эквивалентности», о котором мы говорили, и лежит в основе общей теории относительности, хотя современная интерпретация теории уже в этом принципе и не нуждается. Опуская математические соотношения, вытекающие из этого принципа, перейдем прямо к некоторым выводам общей теории относительности.

Наличие больших масс материи влияет на окружающее пространство, приводя к изменениям в нем, которые можно определить как неоднородности пространства. Эти неоднородности направляют движение любых масс, которые оказываются вблизи притягивающего тела.

Обычно прибегают к такой аналогии. Представьте себе холст, туго натянутый на раму параллельно земной поверхности. Положите на него тяжелую гиру. Это будет наша большая притягивающая масса. Она, конечно, прогнет холст и окажется в некотором углублении. Теперь пустите по этому холсту шарик таким образом, чтобы часть его пути пролегла рядом с притягивающей массой. В зависимости от того, как будет пущен шарик, возможны три варианта. Первый: шарик прокатится достаточно далеко от углубления и не изменит своего движения. Второй: он заденет углубление, и траектория его движения изогнется в сторону притягивающей массы. Третий: он попадет в это углубление, не сможет из него выбраться и совершит один-два оборота вокруг тяготеющей массы.

Не правда ли, третий вариант моделирует захват звездой или планетой неосторожно залетевшего в поле их притяжения постороннего тела? А второй случай — изгиб траектории тела, летящего со скоростью, большей, чем возможная скорость захвата! Первый же случай аналогичен пролету вне практической досягаемости поля тяготения. Да, именно практической, ибо теоретически поле тяготения безгранично.

Конечно, это очень отдаленная аналогия, в первую очередь потому, что никто не может себе реально представить прогиба нашего трехмерного пространства. В чем физический смысл этого прогиба, или кривизны, как чаще говорят, никто не знает.

Для того чтобы стало более понятно, что такое «кривизна пространства», приведем его математическую модель. Выберем в пространстве Вселенной точку, кривизна пространства в которой нас интересует. Проведем через нее ориентированную любым образом плоскость. Построим на этой плоскости вокруг точки равносторонний треугольник. Постараемся, чтобы стороны его были очень прямыми — образуем их лучами света. Если этот треугольник будет достаточно велик, сумма углов его (в радианах) не будет в общем случае равна «пи» — ведь плоскость-то мы провели в изогнутом пространстве. Вычтем из «пи» полученную цифру и узнаем, чему равен так называемый сферический избыток.

Теперь начнем наш треугольник «стягивать» вокруг интересующей нас точки. И сферический избыток, и площадь треугольника будут стремиться при этом к нулю. Предел отношения сферического избытка к площади треугольника и есть кривизна пространства в данной точке в направлении, перпендикулярном к проведенной нами плоскости.

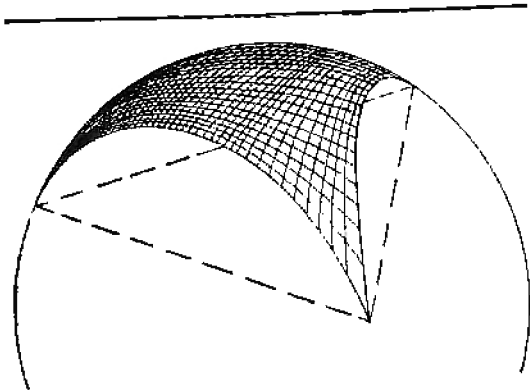
Если кривизна в любой точке Вселенной не зависит от направления этого перпендикуляра, или, проще, от ориентации избранной нами плоскости (кривизна во всех направлениях одинакова), то это значит, что Вселенная изотропна.

Кривизна пространства Вселенной определяет, замкнуто это пространство само на себя или нет. Если кривизна пространства равна нулю или отрицательна, пространство разомкнуто. Если она положительна, Вселенная замкнута.

Из общей теории относительности следует, что любое материальное тело может двигаться в поле тяготения только по кривым линиям. Лишь в частных, особых случаях кривая превращается в прямую.

Этому правилу подчиняется и луч света. Ведь он состоит из фотонов, имеющих в полете определенную массу. Поле тяготения оказывает на нее свое действие так же, как и на молекулу, астероид или планету.

Другой важный вывод состоит в том, что поле тяготения изменяет и ход времени. Вблизи большой притягивающей массы, в сильном создаваемом ею гравитационном поле, ход времени должен быть более медленным, чем вдали от нее.



МОГУЧИЙ КРИТЕРИЙ - ОПЫТ

Так что же, всего лишь на двух фактах, один из которых — опыт Майкельсона — и сегодня не может считаться бесспорным, а другой — равенство гравитационной и инертной масс — похож на случайное совпадение, держатся два парадоксальных, хотя и очень красивых с точки зрения абстрактной математики, построения? Не слишком ли это мало для обоснования теорий, с помощью которых воссоздают картину строения всей нашей Вселенной.

Теория ценна тогда, когда она объясняет не только уже известные явления, но и предсказывает новые. И в тех случаях, когда предсказанные ею явления бывают обнаружены и достаточно точно соответствуют предсказанию, они сами становятся фундаментальными ее основаниями, свидетельствуют о ее соответствии истине.

Специальная теория относительности включала в себя не только казавшийся абсолютно непонятным факт постоянства скорости света во всех системах отсчета, но и объясняла целый ряд других явлений.

Самое первое подтверждение ее справедливости принесло наблюдения явлений микромира.

Помните? — с приближением скорости движущегося тела к скорости света масса его быстро начинает расти. Уже при 0,8 скорости света она почти удваивается. Но какому телу, кроме элементарной частицы, можем мы сегодня сообщить скорость 240 000 км/сек? А электрону, например, такую скорость в современной физической лаборатории можно сообщить без особого труда! И это, конечно, постарались сделать.

Для того чтобы выяснить, увеличивается ли масса электрона, его предложили столкнуть с другим электроном, но не летящим, а неподвижным. Результаты этого столкновения должны зависеть от массы первого электрона. Если его масса не увеличится, в результате удара электроны разлетятся во взаимно противоположных направлениях, которые перпендикулярны к направлению полета первого электрона. Если его масса больше, чем у покоящегося, оба должны после столкновения устремиться в одном направлении — в том, куда летел первый электрон. И чем больше его масса, тем меньшим будет угол между их траекториями.

Оказалось, электроны летят в одном направлении. И угол между ними точно соответствует расчетному.

Это было великолепнейшим подтверждением одного из

выводов специальной теории относительности, а значит, и всей теории.

Сегодня сомнений в ее применимости в тех случаях, когда мы имеем дело с частицами, движущимися с большой скоростью, нет ни у кого. Мало того, без учета ее эффектов невозможно рассчитать сегодня многие приборы а машины.

Наверное, не надо объяснять здесь специально, для чего нужны современной физике ускорители элементарных частиц самых разнообразных видов. Существуют такие ускорители и для электронов.

Ускоритель, который может сообщить потоку электронов энергию в 300 млн. электронвольт, не вызовет сегодня удивления: действуют ускорители, сообщające этим частицам и еще большую энергию. Кстати, один электронвольт энергии электрон получает, ускорившись в поле, имеющем разность потенциалов в один вольт. Так вот, если бы не было эффекта возрастания массы, если бы и при больших скоростях были справедливы законы Ньютона, то, разогнавшись в поле, имеющем разность потенциалов 300 млн. вольт, электроны должны были бы приобрести скорость 10 500 000 км/сек, т. е. в 35 раз больше скорости света. В ускорителе электроны действительно движутся очень быстро, всего на несколько сотен метров в секунду отставая от скорости света. Это как раз та скорость, с которой они должны двигаться, учитывая эффект теории относительности, или, как обычно говорят физики, релятивистский эффект.

Однажды известный ученый, член-корреспондент АН СССР Д. И. Блохинцев сказал:

— Вселенную сегодня физики могли бы создать искусственно. Это так просто! Нужны два сверхмощных ускорителя, работающих навстречу друг другу.

Он имел при этом в виду релятивистский эффект увеличения массы при росте скорости. Ведь при скорости ускоряемых частиц, бесконечно близкой к скорости света, бесконечно большой становится и их масса. При столкновении двух бесконечно больших масс могут образоваться материальные частицы самой разнообразной величины: галактики и звезды, атомы и планеты... Но, конечно, ускорители должны быть поистине сверхмощными.

Запомните эту шутку. Мы еще вернемся к ней.

Мы привели всего два примера, показывающих, как четко сбываются предсказания специальной теории относительности. Так же четко подтвердились и выводы общей теории относительности. Вспомните, что согласно этой тео-

рий, в сильном поле тяготения траектория луча света искривляется подобно тому, как под действием тяготения Земли искривляется траектория камня, брошенного параллельно ее поверхности. Ведь луч света, так же как и камень, обладает массой. Правда, масса луча очень мала, а скорость движения очень велика; значит, чтобы обнаружить искривление его траектории, надо иметь очень сильное поле тяготения. Но такое поле тяготения имеется в природе — это поле тяготения нашего Солнца.

В 1919 г. впервые был поставлен опыт для проверки этого эффекта, предсказанного Эйнштейном. Во время солнечного затмения 29 мая 1919 г. астрономы сфотографировали звезды, находящиеся около Солнца. Этот же участок звездного неба был сфотографирован в другой раз, когда Солнце ушло далеко от него. Снимки наложили, и звезды на них не совпали друг с другом. Нет, это не звезды передвинулись со своих мест, их действительные перемещения несравненно меньше. Это могучее притяжение Солнца искривило лучи света, и на первом снимке звезды оказались как бы сдвинутыми со своих истинных положений. Это смещение, по данным восьми независимых определений, сделанных в 1919—1962 гг., с погрешностью примерно 10% совпало с предсказанным теорией относительности. Согласно теории, луч от звезды, проходящий у края Солнца, испытывает отклонение, равное 1,75 секунды дуги. Фотографии показывают, что отклонение составляет от 1,61 до 1,98 секунды дуги.

Все это указывает на действительно хорошее совпадение теории и опыта.

Общая теория относительности позволила объяснить «неправильность», с точки зрения старой, классической небесной механики, в перемещении перигелия Меркурия, найти причину появления тех 42 лишних угловых секунд смещения, так долго смущавших астрономов.

Подтверждение еще одному из предсказанных ОТО явлений пришло с лучами света далеких звезд. Речь идет о замедлении хода времени вблизи большой притягивающей массы. Ученым давно известны сверхплотные, очень далекие звезды, такие, к примеру, как белый карлик — спутник Сириуса. В лучах звезд содержатся кванты с частотами собственных колебаний некоторых атомов. Как своеобразные колебательные радиоконтуры с неизменяемыми параметрами, они излучают волны только определенной длины. Но если там, где находятся эти атомы, ход времени замедлен, то и колебаться они должны по нашим часам с меньшей

частотой. И частоты, излучаемые этими атоммами, должны оказаться сдвинутыми в красную сторону спектра.

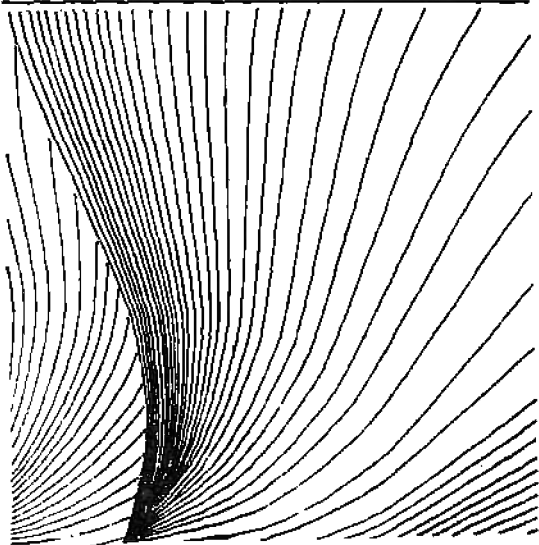
Тщательные исследования подтвердили: да, эти характеристические лучи то некоторых особенно массивных звезд действительно сдвинуты, и действительно в красную сторону...

Вот на этих-то двух теориях относительности, великолепно объяснивших непонятные для классической физики явления, предсказавших целый ряд новых явлений, блестяще подтвердившихся, и основывается первая картина нашей Вселенной.

3.



ОТКРЫТИЕ НАШЕЙ ВСЕЛЕННОЙ



А разве есть не наши Вселенные?

Есть. И в отличие от большой, бесконечной вселенной, нашу маленькую вселенную мы будем отныне писать с большой буквы.

Что же это за Вселенная?

Условимся: под нашей Вселенной мы будем подразумевать ту часть большой вселенной, которая доступна нашим наблюдениям или анализу, в которой действуют законы современной физики.

Уже в статье 1916 г., посвященной ОТО, Эйнштейн наметил пути решения и космологической проблемы. Новая и полная теория тяготения с необходимостью влекла за собой пересмотр взглядов на строение Вселенной, на ее размеры...

Размеры? — переспросите вы. Но разве Вселенная имеет размеры? ~~Ведь она бесконечна и в пространстве и во времени.~~ И будете и правы и неправы одновременно.

АЛЬБЕРТ ЭЙНШТЕЙН ПРОТИВ ДЖОРДАНО БРУНО?

17 февраля 1600 года в Риме на Кампо ди Фиори, что в переводе означает Площадь Цветов, был казнен по приказу папской инквизиции один из самых блестящих мыслителей эпохи Возрождения Джордано Филиппе Бруно. В чем же заключались его «преступления», настолько страшные, что церковь покарала его позорным колпаком и костром? Чем навлек на себя гнев инквизиции Бруно, о котором в папском постановлении было сказано, что он проповедовал «положения еретичные и противные католической вере»? Вот выдержка из мрачного документа той эпохи, «Краткого изложения следственного дела Джордано Бруно о том, что брат Джордано Бруно думал о святой католической вере...»

«Обвиняемый на третьем допросе: «В моих книгах, в частности, можно обнаружить взгляды, которые в целом заключаются в следующем. Я полагаю Вселенную бесконечной... Ибо я считаю недостойным божественной благодати и могущества, чтобы бог, обладая способностью создать помимо этого мира другой и другие бесконечные миры, создал конечный мир. Таким образом, я заявляю, что существуют бесконечные миры, подобные миру Земли, которую я вместе с Пифагором считаю светилом, подобным Луне, планетам и иным звездам, число которым бесконечно. Я считаю, что все эти тела суть миры, без числа, образующие бесконечную

совокупность в бесконечном пространстве, называющуюся бесконечной Вселенной...

На четырнадцатом допросе по существу отвечал в том же роде относительно множества миров и сказал, что существуют бесконечные миры в бесконечном пустом пространстве...»

Конечно, в ответах Бруно явственно различима ирония по отношению к узколобым догматикам, допрашивавшим его. И под словом «бог» атеист и последовательный материалист Бруно имел в виду не ветхозаветного творца, а природу. Он был убежден, что природа не могла допустить такого исключения, как зарождение разумной жизни только на одной планете одной Солнечной системы. По тем временам подобные мысли, конечно же, были величайшей ересью; ведь сказано было в Библии, что сначала бог создал небо и землю, потом уже разместил на небе солнце, чтобы светило днем, и луну, чтобы светила ночью, а потом на своде неба поместил множество звезд. А уж потом, но сразу и подобно своему, сотворил бог человека, т. е. разумную жизнь. Предположить, что в других местах вселенной он мог поступить так же, для церковников было невысказанно. Конечно, эта «библейская космология» сегодня у нас с вами вызывает лишь улыбку, но интересно другое. Убеждение Бруно, что жизнь на Земле не исключение в космосе, и сегодня имеет не так уж много сторонников. Правда, регулярно собираются научные конференции с участием физиков и астрономов, биологов и психологов, посвященные так называемой проблеме СЕП — проблеме связи с внеземными цивилизациями. Но все-таки большинство ученых хранит молчание. В лучшем случае за этим молчанием не прямое отрицание наличия проблемы, а лишь нежелание опережать события, высказываться опрометчиво и заглядывать слишком далеко в будущее, пока для таких высказываний не будет прямых фактических оснований.

Но мы отклонились. Ведь цель наша — описать те космологические представления, которые, во многом благодаря Джордано Бруно, стали общепризнанными вплоть до Эйнштейна. В чем они?

Воспользовавшись терминологией академика В. Л. Гинзбурга, будем называть модель бесконечной «доэйнштейновской» Вселенной СОЕ-моделью: стационарной, однородной, евклидовой, то есть — постоянной во времени, с равномерно распределенной в пространстве массой, сконструированной по законам геометрии Евклида. Казалось бы, какое простое и наглядное представление. И, что очень важно, если и не

подтверждаемое, то во всяком случае не противоречащее опыту; ведь все астрономические наблюдения, начиная с Галилея, не обнаружили ни одного факта, который противоречил бы СОЕ-модели.

Но, как вы помните, целый ряд неудобств в такой модели был, что стало особенно ощутимо к концу прошлого века. Эта модель не согласовывалась с законом Ньютона (вспомним хотя бы парадокс Зеелигера). Правда, можно было предположить, что закон Ньютона имеет ограниченное действие и «не работает» на космических расстояниях, но ясности это не вносило. Гораздо более важным было то, что сама СОЕ-модель оказалась внутренне противоречивой. Еще в 1826 г. был сформулирован так называемый парадокс Ольберса. Если Вселенная однородна, а число звезд в ней бесконечно, то наше земное небо должно было бы равномерно светиться даже ночью. Однако это не так. Значит однородность надо поставить под сомнение? Или, может быть, Вселенная не бесконечна? А может быть — не стационарна?

В 1917 г. — а этот год можно с полным правом назвать годом «открытия» нашей Вселенной — Эйнштейн опубликовал работу «Вопросы космологии и общая теория относительности». Его модель отличалась от СОЕ-модели — букву «Е» Эйнштейн зачеркнул. Но, возразите вы, Эйнштейна ли это заслуга? Уже Риман доказал, что живем мы не в евклидовом пространстве, а в пространстве искривленном. Но Эйнштейн пошел дальше. Воспользовавшись представлениями Римана и Гельмгольда и основываясь на данных, только что сформулированной им общей теории относительности, он сделал вывод, что Вселенная наша — конечна. Вот его модель: Вселенная — сфера. Только не сфера нашего пространства, а сфера «следующего» измерения. Если рассечь эту сферу, то в сечении мы получим наш привычный шар, точно так же, как в сечении нашего шара мы видим окружность...

А как же быть с Джордано Бруно, спросите вы. Разве он был не прав? Конечно же прав. Ведь то, что наша, с большой буквы, Вселенная замкнута и имеет ограниченный объем, вовсе не говорит о конечности большой вселенной.

ВСЕЛЕННАЯ ЭЙНШТЕЙНА

Представим себе еще раз фантастический звездолёт. Фантастический потому, что все предшествующие рассуждения свидетельствуют о невозможности его построить — звездолет,

движущийся со скоростью света. Мы, авторы, приглашаем вас занять в нем места.

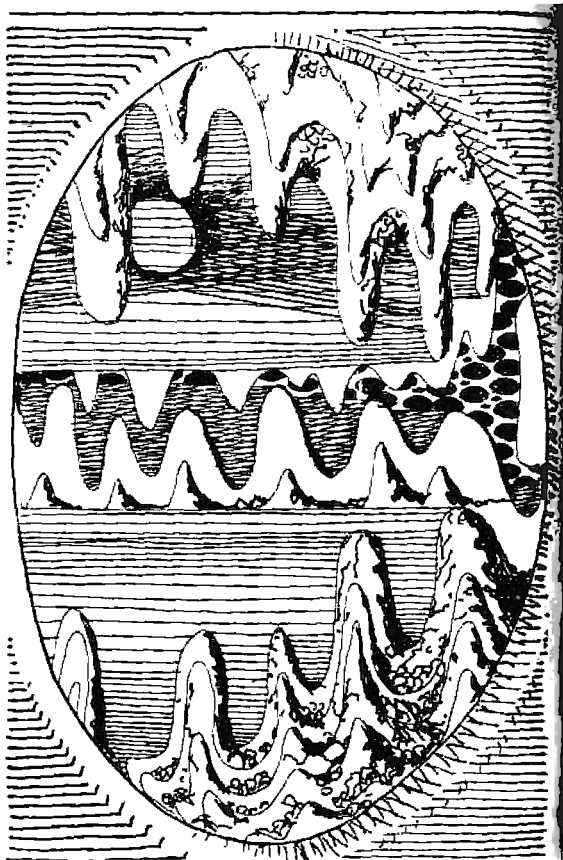
Загляните в иллюминатор: мимо каких созвездий и галактик мы пролетаем? Как?! Звездолет стоит неподвижно? Какое-то нагромождение хаотических скал, а за ними — заснеженная равнина? И какое-то странное медно-красного цвета светило тускло светит над ней в угольно-черном небе, украшенном незнакомым узором созвездий... Не потерпели ли мы, вопреки уверениям авторов, сразу же после старта аварию на какой-то чужой планете?..

Нет, аварии не произошло. Все правильно. Все так, как должно быть. Мы совершили наше путешествие. И мы — у последней черты.

А где же чужие миры и галактики, где границы (или отсутствие таковых) вселенной? Но ведь мы двигались со скоростью света — и время на нашем корабле остановилось. Его не было для нас, хотя по земным часам могли пройти миллионы лет. Тех, кто махал нам платками в минуту отлета, уже столько тысячелетий нет на Земле!

Вас интересует, куда мы попали? Мы снова на Земле, точнее, в той точке Вселенной, откуда стартовали. Нет, рули звездолета ни при чем: мы двигались строго по прямой, вместе с лучом света. Но ведь пространство, в котором двигался этот луч, заполнено материей, искажено, изогнуто, замкнуто. И прямая в нем возвращается неизбежно в исходную точку. Вот по этой прямой — замкнутой кривой — и совершили мы наш полет...

Ни одно материальное тело, ни один сигнал не может — уйти от нас дальше, чем крайняя противоположная точка этой гигантской окружности. Притяжение массы нашей Вселенной возвратит и квант света, и орудийный снаряд, и целую галактику, как возвратил он наш звездолет. Вот Эту-то Вселенную, замкнутую саму на себя гравитационным притяжением ее масс, и назовем нашей малой Вселенной с большой буквы. И в предыдущем тексте не по недосмотру наборщиков слово «вселенная» печаталось иногда с большой буквы, иногда с маленькой. И гам речь шла о двух разных вселенных: нашей, малой Вселенной, описываемой уравнениями Эйнштейна, той самой, предельных границ которой мы мысленно коснулись. Кстати, она совсем не так уж мала: она содержит все известные нам звезды, туманности, галактики... Но кроме нее, возможно, существует несчетное количество таких же или совершенно других вселенных. Их совокупность мы и называем большой вселенной с маленькой буквы. К великому нашему огорче-



1. нию, можно почти с убежденностью сказать, что мы никогда ничего не узнаем о существовании других вселенных, об устройстве большой вселенной... Мы замкнуты в нашей Вселенной, и хотя она конечна, она не имеет того предела, который мы могли бы преступить даже в мечтах... Она конечна, но не имеет границ и, значит, нечего нам преступать.

Понятие о конечности нашей безграничной Вселенной можно продемонстрировать на такой модели. Вспомним пример Гельмгольца.

Мы живем в трехмерном мире. Мы знаем три координаты в пространстве. Для нас существует движение вперед — назад, вправо — влево, вверх — вниз. Представим себе, что некие разумные существа обитают в двумерном мире. Они существуют как бы в пленке, не имеющей толщины. Для них есть только два направления: вперед — назад и вправо — влево. Только из гениальных догадок своих математиков знают они, что есть где-то третье измерение. Но реально увидеть его они не могут — в их распоряжении имеются лишь изометрические чертежи на плоскости.

И вот эти существа задумываются над вопросом: а где границы их плоской вселенной? И отправляют экспедицию в поисках этих границ. Путешественники все время строго следуют в одном направлении — ибо нет у них других ориентиров. Жители «плоской» столицы каждый день выходят их встречать. И вдруг они являються... с обратной стороны!

Вас это, конечно, не удивляет. Вы легко догадались, что их «плоская» вселенная не была плоской, она, видимо, была сферой, но с очень большим радиусом, так что «кривизна» ее не бросалась в глаза. Но что поднялось у плоских существ! Какие только теории они ни создавали, прежде чем пришли к истине!

«Да, — делают они вывод, — наша вселенная безгранична!». Они вводят термин «кривизна поверхности» (аналогичный нашей «кривизне пространства»), хотя физически представить кривую поверхность в силу своего двумерного восприятия не могут.

Их популяризаторы, чтобы сделать понятной широким массам читателей сложность новых представлений, выдумывают линейную вселенную и существ, отправившихся искать конец их вселенной — прямой линии, оказавшейся кругом большого диаметра...

Можно и еще одним способом попытаться представить замкнутость мира Эйнштейна.

Допустим, что мы запустили с Земли ракету, придав ей определенную скорость. Если эта скорость больше 8 км/сек,

то ракета выйдет на круговую или эллиптическую орбиту и станет искусственным спутником Земли. Если увеличивать скорость с 8 до 11,2 км/сек, то большая полуось эллипса все время будет возрастать, и при скорости, большей, чем 11,2 км/сек, она станет бесконечно большой... Наша ракета навсегда улетит от нас. Можно сказать, что она наконец вырвалась на свободу. Все это знал, мы помним, еще

Ньютон.

Но на самом деле это еще далеко не свобода. Надо еще учесть притяжение Солнца. Оно изогнет траекторию полета, и при скорости, большей 11,2 км/сек, наша ракета будет двигаться по более или менее вытянутому эллипсу вокруг Солнца. При скорости, большей 16,7 км/сек, если учесть, что Земля движется со скоростью около 30 км/сек вокруг Солнца, наша ракета может покинуть пределы Солнечной системы.

Однако в нашей Галактике помимо Солнца имеются еще звезды. И чтобы покинуть Галактику, нужна уже гораздо большая скорость. Но ведь кроме нашей Галактики имеются миллиарды других, которые тоже обладают своими тысячами тяготения. Какую же скорость должна иметь ракета, чтобы покинуть наш мир галактик, нашу Вселенную?

Оказывается, такую скорость создать невозможно. Общее поле притяжения, общая сила притяжения всех других галактик нашей Вселенной очень велика, и даже при максимально возможной скорости, равной скорости света, ни одно тело не может его преодолеть.

Скорость материального тела не может быть в точности равной скорости света, но может быть очень близкой к ней. При удалении от центра Вселенной эта скорость будет уменьшаться, луч же света, фотон, не будет изменять своей скорости, а растратит энергию иным способом — частота его колебаний будет уменьшаться, а длина волны увеличиваться.

Как скорость 11,2 км/сек является критической скоростью для ухода от Земли, так скорость 300 тыс. км/сек является критической скоростью для Вселенной. При этой скорости можно ее облететь всю, но все равно нельзя ее покинуть.

Эйнштейн очертил нашу Вселенную и распространил на нее действие своих законов. Да, в этой Вселенной связаны диалектическим единством материя и ее формы существования — пространство и время. В ней не существует материи без движения и движения без материи. Пространство и время зависят от массы материи и ее скорости.

В этой Вселенной нет и быть не может скорости выше скорости света. Предел поставлен ростом массы ускоряющегося тела. Только не имеющие массы покоя частицы, из тех, что и ныне не совсем правильно называем мы элементарными, могут двигаться с этой предельной скоростью. Но зато все другие скорости для этих частиц запретны...

В этой Вселенной нет равномерного течения времени. На движущихся с очень большими скоростями телах время замедляется, а на движущихся со скоростью света частицах оно останавливается. Время замедляет свой бег и вблизи больших масс материи. Можно представить и такую большую массу сверхплотной материи, вблизи которой время остановится совсем...

Все эти представления, как мы уже знаем, довольно четко подтверждены данными разнообразных опытов.

Так что же, великий Эйнштейн дал окончательный абрис нашей Вселенной, в котором уже нечего дорабатывать? И следует ли искать решение возникающих вопросов в рамках его теории, а не пытаться изменить или завершить работу мастера?

Нет, это не так. И сам Эйнштейн так не думал. В течение нескольких десятилетий искал он новую общую теорию поля Вселенной, но не смог создать ее. Видимо, было еще недостаточно фактов, чтобы могла возникнуть эта теория.

Да, Эйнштейн был гениален. Может быть, это был самый гениальный физик во все времена и у всех народов, существовавших на Земле. Но и ему одному был непосилен принятый на плечи груз. Иногда он предпочитал работать не один. Не случайно многие его книги подписаны двумя фамилиями. И в разработке, и в приложениях его гениальных теорий есть у него и соавторы, и продолжатели. Не осталась без изменений и нарисованная им картина Вселенной. Наверное и вам, читатель, она показалась хотя и захватывающе грандиозной, хотя и полной парадоксальных и таинственных явлений, но несколько малодинамичной. Ведь Эйнштейн полагал сначала, что в ее рамках осуществляется весь круговорот материи, протекает вся жизнь планет, звезд, галактик, протекает в непрерывной, однообразной, повторяющей раз за разом себя саму последовательности. Получалось, что материя белкой кружится в гигантском колесе Вселенной...

Теперь мы знаем, что это не так.

ГРАНИЦЫ РАЗДВИНУЛИСЬ

Человек, сдвинувший с места границы Вселенной, — наш соотечественник. Он жил в самом конце прошлого и начале нашего века. Умер он 37 лет от роду, в 1925 г., в самом расцвете сил и таланта. Так случилось, что в течение многих лет о нем почти не вспоминали, хотя в ряде областей науки он оставил блистательный след. И лишь в 1966 г. вышли его «Избранные труды» в серии «Классики науки». В той же серии, в какой вышли у нас в свет «Начала» Ньютона и «Пангеометрия» Лобачевского.

Имя этого человека — Александр Александрович Фридман.

У него был большой лоб. По распространенному обычаю того времени он носил усы. Об этом говорят фотографии. Люди, знавшие его лично, вспоминают, что он любил говорить о себе: «Я работолюбивый». И действительно, за свою короткую жизнь он сделал чрезвычайно много. Еще будучи учеником гимназии, он напечатал в зарубежных научных журналах свои первые статьи. С тех пор математика стала его постоянной страстью.

Но он не был по складу ума чистым теоретиком. В годы его творческой юности большое внимание ученых привлекала механика жидкостей и газов. Это понятно: стремительно развивалась авиация. И ряд принципиальных работ посвящает Фридман механике сжимаемых жидкостей и теории турбулентности.

С этой страстью ученого связаны и его работы по физике атмосферы и метеорологии. И в этой области в целом ряде вопросов он прошел нехоженными тропами, «поднимая целину».

В последние годы он заинтересовался теорией относительности Эйнштейна. Надо сказать, что в те времена не так уж много ученых представляли себе ее достаточно полно и подробно. Большинство относилось к ней как к интересному парадоксу, Фридман не только разобрался в ней... но об этом чуть позже.

И все это было сделано им в чрезвычайно тяжелой обстановке.

Он окончил университет в 1910 г. А в 1914 г. он был призван в армию. За войной империалистической последовала война гражданская. И едва страна начала преодолевать разруху, голод, болезни, А. А. Фридман умер. Умер от брюшного тифа — одного из последствий разрухи и голода.

Когда же он успел так много? Он работал всегда. Летая в качестве летчика-наблюдателя над позициями противника, он ставил опыты по прицельному бомбометанию. Работал по ночам в номере гостиницы, стремясь использовать время, остающееся между заседаниями конгресса во время командировки в Голландию в 1924 г. Но чаще ему приходилось работать в нетопленных лабораториях, читать лекции в замороженных аудиториях студентам, сидящим в пальто и шапках и дующий на коченеющие пальцы...

Остановимся подробнее на работах Фридмана в области релятивистской космологии. Слово «релятивистская» мы будем употреблять и впредь, оно означает «основанная на теории относительности», «учитывающая теорию относительности».

Эйнштейн сформулировал устройство Вселенной в десяти чрезвычайно сложных уравнениях. Они принадлежат к так называемым нелинейным дифференциальным уравнениям, строгого решения которых при произвольных начальных условиях современная математика не знает. Образно говоря, Эйнштейн дал в руки ученых отличное, чрезвычайно точно бьющее орудие, владеть прицельными приспособлениями которого они еще не научились. Чтобы решать эти уравнения, приходится их очень упрощать. В таком виде и применил Эйнштейн свои уравнения для изучения общих свойств Вселенной. Продолжая сравнение, мы можем сказать, что с корпуса скорострельного, очень точно бьющего орудия сняли точные оптические прицелы, вспомогательные, корректирующие стрельбу устройства и стали стрелять, наводя по стволу.

Конечно, упрощения коснулись второстепенных и третьестепенных членов уравнений, которые на первый взгляд не играют принципиальной роли. Так, основные уравнения учитывали взаимодействие электромагнитного поля, созданного лучом света, с гравитационными полями тел, находящимися у него на пути, и влияние гравитационного поля самого на себя. Упрощенные уравнения это взаимодействие учитывали не в полной мере. Велика ли ошибка, вызванная таким упрощением?

В земных условиях в частях пространства, соизмеримых с диаметром Земли или даже диаметром земной орбиты, влияние этого взаимодействия ничтожно. Однако при больших расстояниях, проходимых лучом света, энергия взаимодействия соизмерима с энергией самого светового потока. А значит, величина ее будет значительно отличаться от той, которая утверждается приближительными уравнениями.

Точка зрения Эйнштейна, считавшего Вселенную в целом неизменной с течением времени, стационарной, была несколько предвзятой. Конечно, во Вселенной пульсируют атомы, движутся планеты и звезды, но все идущие в ней процессы обратимы, количество частиц неизменно, границы ее незыблемы. И когда осуществляемые им решения уравнений не давали стационарной картины, он стал менять свои собственные уравнения, вводя в них новые, но существу лишенные физического смысла члены, вроде отрицательной плотности и отрицательного давления. Все во имя того, чтобы спасти стационарность! Правда, впоследствии оказалось, что и эти ухищрения не спасли: решение, данное великим физиком, таило в себе неисправимый дефект — неустойчивость.

У А. А. Фридмана не было предвзятых мнений об устройстве Вселенной. Чтобы решить уравнения, он принял только одно дополнительное условие: Вселенная в среднем однородна. Галактики и другие скопления материи распределены в ней примерно с одинаковой плотностью. И хотя даже сегодня еще у ученых нет полной убежденности в истинности этого предположения, мало того, есть, пожалуй, некоторые сомнения в нем, все-таки в первом приближении его принять можно.

И получилось... Получилось удивительное! Оказалось, что галактики не могут оставаться раз и навсегда на зафиксированных расстояниях друг от друга. Нет, расстояния между ними должны с течением времени увеличиваться. И чем далее друг от друга находятся галактики, тем с большей скоростью они должны удаляться друг от друга.

Ну а как же может в этом случае сохранять постоянными свои размеры Вселенная? Значит, и она расширяется. Значит, и границы ее — те самые, понятие о которых мы пытались дать с помощью аналогий, непрерывно расширяются.

В те годы, когда Фридман пришел к этим удивительным заключениям, астрономы еще ничем не могли подтвердить их правильность. Наверное, не без замирания сердца напечатал он первые сообщения о своих выводах в известном физическом журнале, издававшемся на немецком языке. И стал ожидать отклика самого автора теоретических исследований. И он не замедлил появиться:

«Результаты относительно нестационарного мира, держащиеся в упомянутой работе, — писал Эйнштейн, представляются мне подозрительными...» Далее он объяснял, почему считает неправильным решение Фридмана.

В Берлин, где тогда жил Эйнштейн, поехал друг А. А. Фридмана, Ю. А. Крутков. Он захватил с собой письмо ученого Эйнштейну. Вскоре в одном из научных журналов появилась новая заметка, подписанная всемирно известным уже тогда именем:

«В предыдущей заметке я подверг критике названную выше работу. Однако моя критика, как я убедился из письма Фридмана, сообщенного мне г-ном Прутковым, основывалась на ошибке в вычислениях. Я считаю результаты г. Фридмана правильными и проливающими новый свет...»

Любопытно, что Фридман и сам несколько скептически относился к реальной приложимости полученного результата к физической вселенной. Он считал этот результат более игрой ума, чем отражением истинного положения вещей. Между тем, спустя всего семь лет, астрономы дали полное подтверждение правильности его решения.

В 1929 г. американский астроном Хаббл открыл явление так называемого разбегания галактик. Открыл, исследуя их спектры, изучая влияние на них эффекта Доплера, открытого австрийским физиком еще в 1842 г. Суть этого эффекта вот в чем.

Слышали ли вы, как нестерпимо повышается звук гудка летящего к вам навстречу паровоза? Зная высоту гудка неподвижного паровоза, сравнив его с этим истинным тоном визгом и проведя соответствующие вычисления, можно определить скорость паровоза. Только зачем это надо? Скорость паровоза можно измерить десятком других, более простых способов, чем эффект Доплера — повышение или понижение тона звука в зависимости от того, движется его источник к вам или, наоборот, удаляется. А вот для определения скорости галактик другого средства нет. Здесь эффект Доплера (кстати, Христиан Доплер сформулировал его не только для звука, но и для света) незаменим. Согласно этому эффекту, если источник света движется вам навстречу, весь спектр сдвигается в сторону фиолетового цвета, если от вас — в сторону красного.

...Среди физиков ходит анекдот о том, как однажды одного из них, управляющего автомашиной, остановил инспектор за проезд мимо красного сигнала светофора. Оправдываясь, ученый сказал, что ехал слишком быстро и синее смещение «сдвинуло» свет с красного на зеленый. Да, он видел благодаря этому смещению не красный свет, а зеленый. Не растерявший инспектор спросил: «При каких скоростях действует этот эффект?» — «Несколько десятков тысяч километров в секунду», — ответил ученый. «Тогда

платите штраф за превышение допустимой скорости», — потребовал инспектор.

То, что может случиться в земных условиях только в более или менее забавном анекдоте, в бесконечных пространствах космоса — обыденная реальность.

Когда Хаббл рассматривал бесчисленные фотографии спектров далеких звездных городов, его поразила одна закономерность: на всех фотографиях контрольные линии были сдвинуты в сторону красного конца спектра. Длина волн как бы увеличивалась! Значит, галактики удаляются, да куда там удаляются, иные из них удирают от нас во все лопатки! Сегодня, скажем, нам известны галактики, удаляющиеся от нашей со скоростью большей 200 000 км/сек!

Закономерность, замеченная Хабблом, заключалась в том, что наиболее слабые галактики имели в своем спектре, как правило, максимальное красное смещение. Из этого ученый сделал правильный вывод, что чем дальше от нас находится галактика, тем быстрее она от нас убегает...

Все именно так, как предсказал Фридман!

Отступив на мгновение от хронологического изложения, заметим, что за минувшие с момента открытия Хабблом почти четыре десятилетия делались весьма многочисленные попытки истолковать его красное смещение какой-либо другой причиной, лишь бы не разлетом галактик. Многих ученых никак не устраивали некоторые выводы, которые из этого следовали. Но все такого рода попытки, как любят дипломатично в таких случаях говорить ученые, «не имели успеха».

Эйнштейн принял окончательно решение советского ученого. В 1935 г. в своей книге «Сущность теории относительности» он еще раз отмечает правильность концепции Фридмана.

Ну а выводы? Какие же выводы следовали непосредственно из решения Фридмана?

А. А. Фридман отчетливо видел их и сам. Если Вселенная расширяется, значит, когда-то она была значительно меньше. А когда-то, если продолжить эту экстраполяцию в прошлое, помещалась в одной точке. «...Если начать подсчитывать ради курьеза время, прошедшее от момента, когда Вселенная создавалась из точки, до теперешнего ее состояния, — писал Фридман, — начать определять, следовательно, время, прошедшее от создания мира, то получатся числа в десятки миллиардов наших обычных лет».

Можно сделать из решения Фридмана вывод и о будущем Вселенной — Впрочем, не однозначный.

Сегодняшнее разбегание галактик происходит по инерции. Взаимное их притяжение постепенно погашает их скорости.

Возможны два варианта. Первый — плотность материи во Вселенной достаточно велика. Тогда силы всемирного тяготения рано или поздно погасят эти инерциальные скорости, и начнется обратный процесс «слета галактик». Наши сверхотдаленные потомки будут наблюдать не красное, а синее смещение. И, наконец, настанет день, когда вся Вселенная снова соберется в «точку» сверхплотной материи. Затем возможен ее взрыв и новый разлет. И так далее, и так далее... Вселенная пульсирует.

Второй вариант — плотность материи во Вселенной недостаточно велика, и гравитационные силы не смогут погасить скорости разлетающихся галактик. Разлет их будет продолжаться вечно.

Астрономы и сегодня не знают, достаточно или недостаточно велика плотность материи Вселенной, чтобы восторжествовал тот или другой вариант.

А. А. Фридман любил повторять: «Вод, в которые я вступаю, не пересекал еще никто». Воды, в которые он вступил, занявшись решением уравнений Эйнштейна, занимают всю Вселенную и в пространстве, и во времени. И действительно, до него их «не пересекал еще никто».

НОВЫЕ ВОПРОСЫ

Решение Фридмана и экспериментальное его подтверждение в прямом смысле слова раздвинуло границы Вселенной. Но вот о границах нашего достоверного знания о ней этого, к сожалению, не скажешь. Скорее наоборот, нестационарная модель Вселенной породила множество вопросов, на которые сегодня нет однозначного ответа, да и рано его ожидать.

Отчасти это связано с недостатками модели.

В каких-то деталях она, безусловно, близка к истине. Нельзя забывать, что в ней Фридман за несколько лет до открытия Хаббла предсказал расширение Вселенной. Уже одно это свидетельствует о несомненном ее соответствии природе. И все-таки безусловно верной ее считать нельзя. Фридман положил в основу своей теории весьма идеализированную модель. Ведь он принял, что Вселенная однородна и изотропна, т. е. одинакова по своим свойствам во всех точках и направлениях.

А однородна ли с точки зрения современной науки (в гигантских масштабах галактик, конечно) Вселенная? Содержатся ли в равных объемах равные количества галактик или сверхгалактик?

Во времена Фридмана ученые считали, что галактики распределены во Вселенной хотя и беспорядочно, но приблизительно равномерно. Сейчас установлено существование групп галактик, скоплений галактик и сверхгалактик. Наша Галактика входит в местную группу галактик, включающих примерно двадцать звездных городов. Эта местная группа в свою очередь является крохотным участком Сверхгалактики, включающей более 10 000 галактик. Ни распределение галактик, ни распределение групп галактик не является равномерным в пространстве. Вряд ли окажутся равномерно распределенными и сверхгалактики.

Обнаружена и другая неравномерность. Оказывается, закон Хаббла не абсолютен: далеко не во все стороны с одинаковой скоростью разлетаются равноудаленные от нас галактики. Эта «скорость улетания» равноудаленных галактик в некоторых направлениях в полтора и более раза отлична от средней их скорости...

Но, может быть, современная наука знает новые, независимые способы определения, скажем, кривизны пространства Вселенной? Нет, оказывается, что в зависимости от исходных данных, которые весьма неточны, можно считать кривизну нашего пространства положительной, равной нулю и отрицательной... Да и то эта оценка кривизны пространства может быть отнесена только к прилегающей к нашей Сверхгалактике области Вселенной. О других ее областях сказать сегодня что-либо определенное мы не можем...

Если в объеме нашей Вселенной в каждом кубическом метре содержится хотя бы десять нуклонов, кривизна Вселенной положительна, если же материальная насыщенность ее меньше, то кривизна Вселенной отрицательна. И ученые прилагают все усилия, чтобы выяснить, сколько вещества в среднем содержит метагалактическое пространство...

Ну, а бесконечна ли в свете этих всех неопределенностей Вселенная во времени и пространстве?

Разделим вопросы. Даже в нашей Вселенной есть отдельные участки, «продолжительность жизни» которых оценивается по-разному. Мы еще будем говорить о сверхзвездах. Так вот, с точки зрения внешнего наблюдателя процесс их развития очень длителен. С точки зрения наблюдателя

находящегося внутри сверхзвезды, он длится всего около получаса! Так что же можно сказать о бесконечности Вселенной? Привычная нам из обыденной жизни постановка вопроса о конечности или бесконечности того или иного процесса теряет смысл.

А конечно ли пространство нашей Вселенной, или оно разомкнуто в большую вселенную? На это тоже непросто ответить. В гигантских масштабах Вселенной теряет смысл и представление о ней как о единой системе. В ней могут быть гигантские области с нулевой или отрицательной кривизной, открытые в большую вселенную, и области с положительной кривизной, представляющие собой идеально замкнутую, по Фридману, расширяющуюся Вселенную...

Все эти вопросы связаны с изъянами модели Фридмана. Но еще большее число вопросов породило то, что было затем подтверждено опытным путем. В самом деле, «спокойные модели» — удобная для восприятия нединамичная СОВ-модель или стационарная модель Эйнштейна — не порождали вопросов, связанных с прошлым и с будущим. Модель же Фридмана ставит нас перед необходимостью пытаться ответить: что было раньше, что будет потом? Помочь в этом ученым может только опыт. Но как разыскать и допросить свидетелей эволюции нашей Вселенной, если эволюция эта заняла 10—20 миллиардов лет?...

Представьте себе, что вместе с нами на Земле живут разумные существа, весь период жизни которых от рождения до смерти укладывается в тысячные доли секунды — это столько же, сколько длится один разряд молнии.

Для них мир, наблюдаемый в течение жизни каждого существа, — это наша мгновенная фотография. На ней запечатлены застывшие в странных позах неподвижные существа — люди. Вот одно из этих существ, раскинув ноги, висит над дорожкой стадиона — с нашей точки зрения это бегун, ставящий рекорд. Другие существа неподвижно застыли на трибунах стадиона, раскинув руки, — зрители, свидетели соревнования. Напряженно наклонившись вперед, стоит с секундомером судья.

Суммируя и накапливая опыт, эти живущие мгновение существа смогут, конечно, и непосредственно заметить движение бегуна, начертить участок траектории, определить относительное перемещение частей его тела. Но сколько поколений наблюдателей должны будут, сменяя друг друга, вести исследования, склоняться над древними (сто поколений назад!) фотографиями, чтобы ясной стала вся картина

происходящего на беговой дорожке! И как чудовишно трудно будет им составить верное впечатление о жизни всего человеческого общества, а тем более о его истории!

Именно в таком положении и находится человечество, наблюдающее развитие Вселенной. Клубятся туманности, разбросанные сверхгигантским взрывом, разлетаются вихри галактик, рождаются планетные системы, происходят столкновения газовых облаков и звездных систем. Астроном, припав к окуляру телескопа, проявляя фотоластинки, в течение всей своей жизни видит постоянно одну и ту же картину: нелепо разбросившего ноги бегуна, повисшего неподвижно над желтым песком дорожки. Ибо годы человеческой жизни — мгновение по сравнению с десятками миллиардов лет, которые длится один прыжок Вселенной. Задача ученых и состоит в том, чтобы составить подробную, развернутую подпись к этой фотографии, не имеющей объяснения.

Так что же, накапливать факты, уточнять измерения и ждать, ждать, ждать, когда последующие поколения землян смогут сравнить негативы наших снимков со своими и определить по микроскопическим сдвигам и направлениям движения вихрей в газовых облаках и смещения звездных вихрей галактик?

Конечно, необходимо и это. Но надо искать и новые пути исследования Вселенной. Изучая звуковые волны, наши фантастические микросущества могут установить, что эти волны — результат рукоплесканий зрителей стадиона. Анализируя кривую движения бегуна, они могут догадаться о существовании земного притяжения. Так и люди по красному смещению установили факт разлета галактик, а уточнив процентное содержание урана и свинца в горных породах, выяснили возраст нашей планеты. И конечно, это не последние открытия, которые смогут сделать ученые, объясняя содержание мгновенной фотографии Вселенной, фотографии, которую только и удается наблюдать человеку в течение всей его жизни. И когда-нибудь под этой фотографией будет составлена подробная подпись.

ЗАГАДКА СВЕРХЗВЕЗД

В конце 1962 г. австралийский радиоастроном Сэрил Хазард уточнил положение на небе одного весьма мощного источника радиоизлучения. Дело в том, что современные радиотелескопы не позволяют абсолютно точно определить на

небе расположение исследуемых объектов. Они устанавливают область, пятнышко на небесном своде, из которого приходят радиоволны, но не точку. Это «пятнышко» может содержать десятки астрономических объектов. Хазард пошел на хитрость. ОЕ подстерег момент, когда область излучения радиоволн перекрывалась диском Луны, и со значительной большей точностью смог установить расположение звездной «радиостанции».

Как же устроена эта радиостанция? Спектральный анализ дал неожиданный результат: в спектре не было ни одной линии, свойственной обычным звездам, свойственной элементам Периодической системы элементов Д. И. Менделеева в обычных состояниях, т. е. в тех состояниях, в каких эти элементы удается изучать в лабораториях.

Конечно, никому не пришло в голову высказать мысль о том, что луч далекой звездочки рожден в атомах элементов, которых нет на Земле. Ученые давно установили материальное единство Вселенной. И даже если бы радиоголос принадлежал звезде, состоящей из гипотетического антивещества, его узнали бы ученые. Спектр антигелия будет аналогичен спектру гелия. Нет, речь могла идти только о необычном состоянии вещества. Или еще о чем-то непонятном.

Начались исследования. Начались поиски особых условий, при которых возникают такие спектры. И удалось установить два любопытных факта.

Первый: именно эти линии дает обыкновенный водород при температурах в миллионы градусов.

Второй: крохотная звездочка убегает от нас со скоростью около 50 тыс. км/сек. Вызванное этим стремительным «убеганием» колоссальное красное смещение спектральных линий и затрудняло отождествление спектров звездочки и спектра водорода.

Но из этого следовали еще более интересные выводы. Известно, что небесные объекты «убегают» от нас с тем большей скоростью, чем дальше они находятся. По этому признаку следовало считать, что исследуемая звездочка находится от нас на расстоянии в 15 миллиарда световых лет.

Что ж, это еще не очень страшно. Ученым известны и более отдаленные объекты. Правда, их удается сфотографировать с помощью только самых сильных телескопов, так как они представляют собой объекты двадцатой, двадцать первой, двадцать второй звездной величины. А звезда тринадцатой величины отнюдь не может быть причислена к

слабым источникам излучения. Ее можно рассмотреть чуть ли не с помощью самодельного телескопа.

Так, значит, наша звездочка — это не звезда, а очень далекая и очень большая галактика. Очень большая, потому что, как показали расчеты, она излучает примерно в 100 раз больше света, чем все 100 миллиардов звезд Млечного Пути нашей Галактики. И хотя это было интересно, но еще не было невероятно. У астрономов не нашлось причин не допустить существования во Вселенной галактики, в сто раз большей, чем наша, галактики, состоящей не из ста миллиардов, а из десяти тысяч миллиардов звезд... Но вот тут-то и началось невероятное.

В начале 1963 г. советские астрономы Ю. Ефремов и А. Шаров почти одновременно с американскими учеными Х. Смитом и Д. Хоффлейт установили, что яркость этой, гигантской галактики периодически изменяется... Период изменения — всего одна неделя. Было от чего прийти в недоумение!

Судите сами: как может звездное скопление, имеющее размеры в сотни тысяч световых лет, изменять свой блеск через каждую неделю? Даже если представить фантастического дирижера, который командовал бы этой сотней миллиардов звезд, они не смогли бы исполнять его команд: ведь сигналы успевали бы доходить за неделю только до полдюжины ближайших к нему звезд.

Значит, это не галактика! Значит, это звезда — звезда с диаметром в световую неделю хитро подмигивает земным ученым через бескрайние бездны пространства! Конечно, эта звезда необычная — ее диаметр около 200 миллиардов километров. Знаменитая Бетельгейзе — одна из четырех звезд, образующих главный контур созвездия Ориона, прославленный гигант в звездном мире — имеет в четыреста раз меньший диаметр!

Эти радиообъекты получили название квазары — квазизвездные объекты, или квазизвездные радиоисточники. Но лучше называть эти гиганты сверхзвездами.

Открыть сверхзвезды оказалось значительно проще, чем объяснить их. Ведь та сверхзвезда, о которой мы все время говорили (ее каталоговое наименование 3С 273), способна превзойти своей яркостью 10 000 миллиардов таких звезд, как наше Солнце. Представляете: 10 000 миллиардов солнц! Для того чтобы питать такую гигантскую лампу, нужны поистине фантастические источники энергии. Нас потрясает неисчерпаемая энергетическая мощь Солнца. Источником его с великолепной щедростью разбрасываемой энергии яв-

ляются термоядерные реакции. Но расчеты показывают, что за счет только этого источника нельзя объяснить поистине вулканическую мощность излучения сверхзвезд. Получай они энергию только за счет термоядерного синтеза, они бы давно «обанкротились» и погасли.

Ученые начали искать новые, еще более мощные источники энергии, которые смогли бы объяснить удивительную яркость этого пылающего в далекой пустоте Вселенной неистового пожара. А заодно попытались объяснить и механизм образования и действия сверхзвезд.

Одной из первых появилась гипотеза известных английских астрофизиков Ф. Хойла и У. Фаулера. Вот она — в неизбежном здесь предельно сжатом и схематическом изложении.

...Представьте себе облако космической пыли и газа. Все частицы облака притягиваются друг к другу, оно сжимается. Этот процесс происходит до тех пор, пока внутреннее противодавление не уравновесит силы гравитационного притяжения. Такое противодавление удерживает в состоянии равновесия «обычные» планеты и звезды нашей Вселенной.

Сила гравитационного притяжения тем больше, чем больше взаимодействующие массы. И в тех случаях, когда взаимодействуют массы в сотни миллионов масс нашего Солнца (а именно таковы массы сверхзвезд), силы гравитационного притяжения становятся несоизмеримо больше всех других сил, которые нам известны. И сжатие облака пыли массой в сто миллионов солнечных масс не останавливается на стадии планеты или звезды. Вещество уплотняется больше и больше, сминая электронные оболочки, спрессовывая ядра элементов. Понятно, что при этом гравитационном сжатии выделяются колоссальные количества энергии, такие, что их достаточно было бы для объяснения светимости сверхзвезд. Но эта энергия не может покинуть пределы сверхзвезды. Ведь вокруг этой падающей в саму себя сверхзвезды возникает колоссальной величины гравитационное поле. И, согласно теории относительности, вблизи нее резко изменяются свойства пространства и времени.

Представим себе, что в центральной области рождающейся сверхзвезды мы расположили автоматическое устройство, через равные промежутки времени посылающее нам сигналы.

Облако начинает сжиматься. Сигналы поступают четко, скажем, каждые пять минут...

Облако продолжает сжиматься... И сигналы начинают доходить все с большим опозданием. Через жуть минут... через десять... через полчаса... через неделю...

Нет, автомат не испортился. Его часовой механизм включает радиопередатчик пунктуально в назначенное время. Но ход времени в сверхсильном гравитационном поле, по мере роста его напряженности, по сравнению с нашими часами замедляется. Мы можем бесконечно долго ждать последнего сигнала. Он не поступит. Не поступит потому, что после того как размер нашего облака станет меньше некоего размера, который можно заранее вычислить, вообще ни один сигнал из него не проникнет наружу. Сила гравитационного притяжения не позволит ни квантам электромагнитного поля, ни чему иному вылететь за пределы этого слопнувшегося облака. Но это не все. Сигналы не достигнут нас еще и потому, что с нашей точки зрения время внутри сверхзвезды, сжавшейся за критический радиус, как бы остановилось. Сотни и тысячи лет можем мы ждать по нашим часам очередного сигнала: стрелка часов автомата в сверхзвезде, с нашей точки зрения, не сдвинется с места... А для автомата весь этот процесс, с его точки зрения, будет длиться всего полчаса по часам, которые будут с ним в адском чреве этой сверхзвезды.

Надо сказать, что теоретически возможность такого явления — гравитационного коллапса — была предсказана давно, и для осуществления его отнюдь не нужны (теоретически) столь громадные массы веществ. Известный советский физик Л. Д. Ландау и американские ученые Оппенгеймер и Волков произвели соответствующие расчеты для шаров диаметром и массой немногим меньшими, чем наше Солнце.

"Представьте себе шар, который все время сжимается и сжимается. Мы знаем, что сила тяжести на поверхности шара, согласно закону тяготения Ньютона, зависит от массы шара и квадрата его радиуса. Масса сжимающегося шара не меняется, но размеры его быстро уменьшаются. И сила тяжести на его поверхности стремительно возрастает.

Поскольку при этом (внутренняя) энергия все более возрастает (раз расстояние до центра уменьшается), то наступит такой момент, когда плотность энергии на единицу массы на поверхности тела сравнится с квадратом скорости света. А эта плотность энергии является для данного неподвижного тела максимальной. Дальше сжатие, если и будет происходить, то уже по совершенно другим законам. Но существенно, что как только радиус тела станет равным

его гравитационному радиусу, это тело как бы замкнется само в себе. При этом сила тяжести внутри тела будет настолько велика, что ни одна частичка, ни один фотон, ни один сигнал не сможет преодолеть сил внутреннего притяжения и выйти за этот гравитационный радиус, за эту сжимающуюся сферу. Такое состояние и называют гравитационным коллапсом.

В результате такого процесса может образоваться как бы микрорайонштейновская замкнутая сама в себе вселенная. В этой вселенной частички будут двигаться не по прямым линиям (они и в нашем пространстве не движутся по прямым линиям, а отклоняются от прямой, но, поскольку кривизна пространства у нас мала, отклонение ничтожно). Кривизна у них будет очень велика, и движение будет происходить как бы по эллиптическим траекториям. Эти траектории будут касаться сферы, но не выходить за ее пределы. Внутри этой вселенной время не движется, если наблюдать за ним с нашей позиции постороннего наблюдателя. Можно было бы сказать, что материя в этом состоянии мертва, если бы материя вообще могла умереть. Правильнее называть ее материей в летаргическом сне.

Но вернемся к гипотезе Хойла и Фаулера. Если принять целиком их довольно удивительный механизм образования сверхзвезды, мы должны ожидать, что нам не удастся увидеть этого очень мало светящегося объекта. Да, выделяющаяся при гравитационном сжатии энергия фантастически велика, но ведь почти вся она остается внутри сверхзвезды. И чем ближе ее размер будет приближаться к критическому, тем тусклее должна она светиться. Кроме того, эта модель никак не объясняет пульсации яркости сверхзвезды...

Американский ученый Ф. Мишель предложил такое объяснение этому парадоксу. В центре сверхзвезды, по его мнению, должна развиваться температура в миллиарды градусов. При такой температуре в ходе ядерных реакций образуется большое количество нейтрино и антинейтрино.

Эти элементарные частицы сами полны тайны. О них мы будем еще говорить.

Вот эти-то, частицы и уносят из центральной области сверхзвезды огромное количество энергии. В связи с этим уменьшается гравитационное поле, и сверхзвезда взрывается под действием внутреннего противодействия...

Но ведь и нейтрино не могут ни возникнуть, ни покинуть области сверхзвезды, где «остановилось время»! Кроме того, не слишком ли искусственным выглядит все это построение?

Советский ученый академик Я. Б. Зельдович провел соответствующие расчеты и показал, что поправка американского ученого вряд ли может объяснить суть дела. Температуры, которые должны развиваться в сверхзвездах при гравитационном сжатии, недостаточны для того, чтобы рождение нейтрино и антинейтрино приняло массовый характер.

Я. Б. Зельдович и многие другие ученые считают, что неистовое излучение сверхзвезды возникает в результате столкновения сгустков вещества, разгоняющихся под действием гравитационного поля.

Академик В. Л. Гинзбург обращает внимание на магнитное поле, которое неизбежно должно достигать в сверхзвезде чудовищной величины — миллиардов эрстед. Может быть, действием этого поля определяются многие процессы в гигантском пылающем плазменном шаре сверхзвезды... Член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский высказал предположение, что излучение сверхзвезд порождает гравитационные волны. Но мощность их в нашей Солнечной системе весьма мала.

Американский ученый Филд предлагает считать сверхзвезды галактиками, проходящими ранний период своего развития и состоящими в значительной степени из взрывающихся звезд. Взрывы таких звезд — их называют сверхновыми — наблюдаются и в нашей Галактике, но они чрезвычайно редки. По мнению Филда, взрыв примерно ста сверхновых звезд ежегодно объяснял бы наблюдаемый уровень светимости сверхзвезды.

Другие ученые привлекают для объяснения механизма сверхзвезд «отрицательную массу», некое так называемое новое «С-поле» и т. д. Но прежде чем обсуждать эти гипотезы, следует рассмотреть более вероятные варианты объяснения этого явления, базирующиеся на уже установленных законах природы.

Советский ученый, ученик академика Я. Б. Зельдовича и известного советского гравитациониста А. Л. Зельманова И. Д. Новиков подошел к проблеме сверхзвезд с несколько другой стороны. Он задался вопросом: откуда могла взяться гигантская энергия, столь щедро расточаемая сверхзвездами? И. Д. Новиков предположил, что, может быть, при взрыве сверхплотного вещества, которое породило нашу Метагалактику, не все оно взорвалось одновременно. Возможно, куски его были разбросаны первоначальным взрывом, и эти непрореагировавшие глыбы дозвездного вещества взрывались спустя некоторое время. Благодаря этому запаздыванию, мы и наблюдаем вспышки загадочных сверхзвезд.

Можно предположить, что сверхплотное дозвездное вещество также находилось в состоянии гравитационного коллапса. Что-то — столкновение, удар, внутренние причины — вывело его из этого состояния, и произошел антиколлапс. Но осколки его разлетелись в дозвездном состоянии и взрывались позже.

Поскольку сверхзвезды находятся на очень большом расстоянии от Земли, от нашей Галактики, то, значит, эти взрывы произошли достаточно давно, миллиарды лет тому назад, но сигналы об этом доходят до нас только теперь.

Иными словами, наблюдая эти самые сверхзвезды, может быть, мы фактически присутствуем как бы при почти первых актах образования нашей Метагалактики...

Ведь чем дальше мы заглядываем от Галактики в глубь нашей Вселенной (лучше сказать, не в глубь, а к краям ее), тем более молодое вещество, тем более молодое поле, более молодые образования мы видим сегодня.

Идея Новикова несколько позже была поддержана целым рядом ученых. Пожалуй, самым первым эту идею антиколлапса высказал болгарский ученый, блестящий физик Никола Калицин. И. Д. Новиков же планомерно и плодотворно развил идеи Калицина — их можно считать соавторами. Но с нашей точки зрения, их идеи до конца не могут все-таки объяснить сложный процесс образования квазизвезд. И ни одна из гипотез не объясняет удивительных периодических изменений их яркости.

По-видимому, это явление природы гораздо сложнее, неожиданнее и интереснее.

НЕВИДИМОЕ НЕБО

Помимо загадочных сверхзвезд-квазаров в последние 10 лет астрофизикам то и дело приходилось сталкиваться с новыми и тоже во многом необъяснимыми пока явлениями, знакомиться с объектами, некоторые из которых уже прислали ученым весточки из глубин космоса, в то время как другие заставляют себя ждать, существуя пока лишь в работах теоретиков. Так, вслед за сверхзвездами радионебо подарило астрономам еще один сюрприз: в 1965 г. было зафиксировано радионизлучение, но посылаемое не одним каким-то объектом — радиогалактикой или сверхзвездой, — а рассеянное. Оно получило название реликтового теплового космического излучения, и, как и многие другие астрофизические явления, было открыто благодаря случаю.

В исследовательской лаборатории «Телефонная компания Белла» работала высокочувствительная антенна. Однажды работники лаборатории заметили, что антенна принимает какое-то излучение. Поначалу оно было принято за неизвестного происхождения сильную помеху, однако вскоре было установлено: излучение это — внеземного происхождения. Вскоре излучение было обнаружено на еще нескольких длинах волн, кроме того, была измерена его температура, она оказалась равной 3К. Астрофизики дали явлению такое объяснение.

Если модель расширяющейся Вселенной справедлива вплоть до «начала», т. е. до того времени, когда все вещество Вселенной было сосредоточено в очень малой области, и если считать, что Вселенная тогда была «горячей», то потом, с расширением, температура ее должна была падать — так охлаждается газ с увеличением объема. В начальной фазе расширения Вселенная представляла собой сгусток плазмы и электромагнитного излучения — радиоволн, света, рентгеновских лучей. Температура излучения и плазмы была одной и той же. Так вот, простой расчет показывает, что за время, прошедшее с «начала мира» до наших дней, температура электромагнитного излучения должна была бы — в рамках этой «горячей модели» — упасть именно до 3—4К. Таким образом, наличие реликтового излучения косвенно подтверждает «горячую модель», а само излучение служит прекрасным свидетелем образования Вселенной, почему оно и получило название реликтового.

Но если о существовании такого излучения теоретики заранее ничего не могли сказать, то о другом загадочном объекте — нейтронных звездах — разговор в научной литературе начался еще в 30-е годы.

По предположениям теоретиков, нейтронные звезды, т. е. звезды, состоящие только из нейтронов, могут образовываться в процессе выгорания звездного термоядерного топлива. Тогда при определенных размерах звезда начнет сжиматься до некоторого состояния равновесия.

В принципе, ни у кого не возникло возражений против такой возможности, неясно было другое: не является ли это состояние нейтронной звезды таким, что «рассмотреть» звезду с Земли просто невозможно. Светимость ее в оптическом диапазоне не должна быть очень мала, однако многие ученые возлагали надежды на то, что при высокой температуре звезды она будет светиться в рентгеновском диапазоне. Однако ни один объект из обнаруженных на невидимом и видимом небе не напоминал нейтронную звезду, пока в 1968 г.

радиоастрономы Хьюиш, Белл, Пилкингтон, Скотт и Коллинс из английского университета в Кембридже не опубликовали в журнале «Нэйчур» сенсационную статью об открытии ими в космосе совершенно необычных радионисточников.

Надо сказать, что открытие это вообще было не совсем обычно. Так, в отличие от многих и многих других открытий, которые авторы спешат как можно быстрее огласить, это в течение нескольких месяцев хранилось в тайне. Дело в том, что новые радионисточники обнаружили свойства, делающие их похожими на радиостанцию неведомой космической цивилизации. Излучение их было периодичным и на первый взгляд казалось, что сигналы несут закодированную информацию. Объекты получили название — пульсирующие источники или просто пульсары.

Несколько месяцев астрофизические круги лихорадило. В редакции научных журналов потоком поступали статьи с новыми данными наблюдений, теоретическими оценками и изложением гипотез. К концу года число известных пульсаров возросло до трех десятков. Стало ясно, что причиной пульсаций являются какие-то неизвестные астрофизикам процессы, а сами источники — естественного, а не искусственного происхождения.

Сегодня большое число астрофизиков ставят между нейтронными звездами и пульсарам знак равенства. И для этого у них есть много оснований. Считается, что огромные плотности нейтронных звезд такие же, как у пульсаров. Приблизительно совпадают и предполагаемые их массы. В то же время, вовсе не все нейтронные звезды должны пульсировать. Кроме того, механизм пульсации излучения пульсаров до сих пор, когда пульсаров известно более ста, до конца неясен...

В 1962 г., когда в США с полигона Уайт-Сэндс была запущена обычная геофизическая ракета для обнаружения рентгеновских лучей от Солнца в период его активности, было открыто рентгеновское излучение. Мощный поток излучения действительно был зарегистрирован, но не от Солнца, а от созвездия Скорпиона. Дальнейшие интенсивные эксперименты подтвердили этот факт, дали множество других. Огромным успехом зародившейся рентгеновской астрономии стали результаты первого специального рентгеновского спутника «Ухуру», запущенного в 1970 г. Обработав лишь часть информации, астрономы узнали о более чем 100 новых рентгеновских объектах. Что же это за объекты, просвечивающие рентгеном космос?



Оказалось, три четверти их расположены в нашей Галактике, остальные — внегалактической «прописки». Многие из них пульсируют, подобно пульсарам, причем из некоторых пульсаров было обнаружено излучение и в рентгеновском диапазоне. По рентгеновскому излучению уже открыты многие объекты — пульсары и квазары, посылают его Крабовидная туманность и даже галактики, Большое и Малое Магеллановы Облака.

Механизмы рентгеновского излучения на Земле прекрасны изучены. Но какой из них верен, когда речь идет об астрофизических объектах? Окончательного ответа на этот вопрос, сегодня еще нет, однако высказано много гипотез, одна из которых имеет больше всего приверженцев. Согласно ей, в то время как обычный пульсар — это вращающаяся одиночная нейтронная звезда, рентгеновский пульсар — звезда двойная, т. е. две звезды, образующие неразлучную пару в космосе. Если одна из звезд в этой чете — массивная нейтронная звезда, то, она за счет своего гигантского гравитационного притяжения высасывает из соседки вещество. Этот процесс называется аккреция. Высасываемое вещество — плазма — нагревается до огромных температур и светится в рентгеновском диапазоне. Если так, то легко объяснить и пульсацию: источник на самом деле постоянный, а заметные с Земли пульсации возникают вследствие того, что периодически источник закрывается от нас его массивной соседкой.

Другая ветвь новой астрономии — часто ее называют астрономией высоких энергий — гамма-астрономия. Вопрос о ее существовании впервые заинтересовал ученых в 50-х годах, но первые указания на то, что такая область астрономии может действительно родиться, появились совсем недавно. Несколько лет назад в США было запущено несколько спутников, предназначенных для контроля над соблюдением соглашения о запрещении ядерных взрывов. Они были оснащены детекторами гамма-квантов. Взрывов обнаружено не было, но с 1969 по 1972 гг. было найдено 16 всплесков гамма-излучения с продолжительностью до десятков секунд. Происхождение этих всплесков не расшифровано и по сей день, но ученые считают, что рождающаяся сегодня гамма-астрономия даст в будущем обильный материал о положении дел не только в Галактике, но и в Метагалактике, и во многом прояснит биографию нашей Вселенной...

Прежде чем говорить о еще одной области современной астрофизики — физике космических лучей, мы сделаем оговорку. Читатель, интересующийся современной космологи-

ей, мог бы спросить: отчего же, говоря о новых «астрономиях», авторы упустили нейтринную и гравитационную астрономию, сегодня, впрочем, находящиеся скорее в проектах. Нет, мы не забыли о них. Просто разговор об этом мы решили отложить до соответствующих глав, посвященных частицам — мельчайшим кирпичикам, из которых состоит Вселенная, и гравитационным волнам — тому свойству тяготения, о котором в 1916 г. уже думал Эйнштейн, но которое и до сего дня с очевидностью экспериментально не установлено...

Космические лучи — это заряженные частицы, протоны, ядра, электроны и позитроны, которые приходят на Землю из космоса, причем приходят с огромными энергиями. Только благодаря предохраняющему действию нашей атмосферы, мы не испытываем от их визитов никаких неудобств. Другое дело — в открытом космосе. Космические лучи имеют такую проникающую способность, что если не защищаться от них специально, они станут опасны для человека.

Уже десятилетия дискутируется вопрос об их происхождении. Множество научных лабораторий и у нас в стране, и за рубежом ежедневно принимают и регистрируют все новые партии гостей из космоса, но вот откуда они прибывают — остается загадкой. А ведь если бы мы знали это достоверно, то могли бы судить о том, что именно они нам рассказывают. Сейчас же мы в положении незадачливого слушателя, которому много повидавший путешественник рассказывает о дальних краях, но о каких именно — его собеседник прослушал. Приходят ли космические лучи из нашей Галактики? Или место рождения их — внегалактическое? И затем — какие процессы в космосе их порождают? Какой мощный ускоритель разгоняет их, чтобы затем выпустить в странствие по Вселенной?

Последнее, чем мы хотели бы закончить эту главу, — это вопрос о «черных дырах». Сейчас, когда об этих гипотетических объектах часто говорят как о «моде» в астрофизике, уместно напомнить, что еще в 1798 г. Лаплас заметил, что от достаточно массивной звезды лучи света уходят не смогут и «самые большие светящиеся тела во Вселенной будут для нас невидимыми». По современным воззрениям «черная дыра» — это стадия в эволюции звезд, которая наступает вслед за гравитационным коллапсом. Поскольку никакие сигналы от «черных дыр» прийти не могут, то остается искать их по следам: регистрируя излучение при аккреции вещества, отмечая влияние «черных дыр» на другие объекты. Именно таким путем многие астрофизики пришли к выводу, что рентгеновский источник Лебедь X-1 — порождение

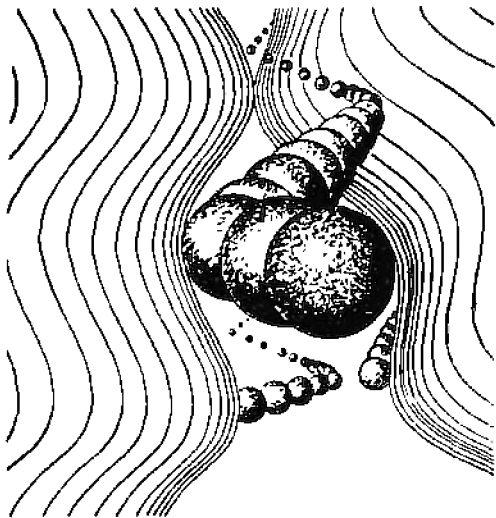


«черной дыры». Например, академик В. Л. Гинзбург склонен считать эту «черную дыру» действительно существующей, во всяком случае — вероятно, существующей. Один же из авторов этой книги (К. П. Станюкович) относится к такой возможности весьма скептически. Так или иначе, одно свойство «черных дыр» не подлежит сомнению — их способность будить воображение. Так, недавно американец Т. Голд заявил примерно следующее: все мы живем в «черной дыре». По его идее, наш мир — только часть большей по размеру Вселенной, включающей в себя целую серию уменьшающихся миров, каждый из которых представляется наблюдателю из внешнего мира «черной дырой».

4.



МЕЛЬЧАЙШИЕ КИРПИЧКИ ВСЕЛЕННОЙ



Говорят, великий французский естествоиспытатель Жорж Кювье мог по одной кости скелета, по одному зубу или позвонку восстановить полный облик животного, рассказать о его характере, привычках и т. д. Современников поражало это умение. Сегодня оно уже не представляется столь удивительным: зоологам стали известны взаимные связи костей со всем обликом животного. Остроге клыка не может быть у травоядного, тяжелых копыт — у хищника... И умение Кювье стало достоянием тысяч специалистов. Больше того, сегодня естествоиспытатели, получив один зуб животного, смогли бы описать не только облик животного, но и условия, существующие на планете его обитания...

Наверное, даже искушенного читателя удивит, что знание свойств элементарных частиц позволяет многое сказать о всей Вселенной. Да, именно элементарных частиц! Невидимые ни в какой микроскоп «крохи» вещества настолько малы, что нередко их можно спутать с волной... Электроны, протоны, нейтроны, фотоны, нейтрино... Список этот можно продолжить... И гигантская Вселенная, в которой и новорожденный глаз телескопа, и чуткое ухо радиолокатора со всех сторон, из невообразимых далей получают сигналы лишь о том, что она, бесконечная, продолжается дальше и дальше. Что общего между мельчайшими крупинками вещества и гигантской, почти пустой нашей Вселенной?!

Общее есть. Это они, элементарные частицы, слагают все здание нашей Вселенной, как бесчисленные кирпичи. Свойства этих частиц определяют и свойства Вселенной... А пустота, о которой мы упомянули... Ведь это пространство, а не пустота! И пространство тоже связано своим существованием веществу...

МИР БОЛЬШИХ СТРАННОСТЕЙ

В начале нашего века ученые даже не подозревали о существовании этого мира больших странностей. Был известен всего один его обитатель — электрон, да и он не отождествлялся с веществом, а считался мельчайшей частицей электричества и никаких других применений в механизме природы ему не приписывали. За минувшие почти семь десятков лет этот мир не только открыли, но и достаточно глубоко изучили. И нашли практические применения многим из его жителей.

Сегодня их известно уже более двухсот. Но в нашем путешествии в этот странный мир мы не будем подробно зна-

комиться с характером, историей и особенностями каждой из элементарных частиц. Мы полагаем, что подробнее читатель сможет прочитать об этом в других книгах, специально этому вопросу посвященных. Мы здесь напомним только те особенности этого мира, которые понадобятся нам в дальнейшем.

Начнем с удивительной загадки, в течение многих лет стоящей перед учеными, — вопроса о природе внутриядерных сил. Почему в ядре атома, плотно соединившись, «живут» одноименно заряженные протоны и не имеющие заряда нейтроны? Почему гигантские силы электрического отталкивания одноименных зарядов (а они на столь малых расстояниях действительно чрезвычайно велики) не взорвали, как маленькие бомбы, все без исключения атомы в момент их рождения?

В 1934 г. советский ученый Игорь Евгеньевич Тамм создал так называемую теорию обменных ядерных сил. Согласно этой теории, нуклоны в ядре атома непрерывно обмениваются какими-то частицами и за счет этого обмена ядро сохраняет стабильность.

В принципе догадка оказалась правильной. Правда, обмен электронами, который первоначально предполагал Тамм, как выяснилось, не смог бы обеспечить единство ядра — нужны были более тяжелые частицы. В конце концов они были найдены японским физиком Юкава — это пи-мезоны.

А теперь сравним ядерные силы с электромагнитными и гравитационными.

Прежде всего, ядерные силы оказались значительно более «сильными». Это, впрочем, было ясно с самого начала: ведь они преодолевают силы электрического отталкивания и объединяют ядро в чрезвычайно плотное образование. Притяжение ядерных сил, как показали подсчеты, в сфере своего действия (скажем, на расстоянии в одну триллионную миллиметра) в сотни раз превосходят силы электрического отталкивания. Гравитационные же силы на этих расстояниях просто несоизмеримо малы — они в 10^{38} слабее ядерных.

Но стоит раздвинуть две элементарные частицы на расстояние в четыре раза больше обычного — на четыре триллионных миллиметра — и силы ядерного притяжения сравнятся с силой электрического отталкивания. Вот как удивительно быстро ослабевают эти силы! Совсем не по тому закону, по которому убывают гравитационные и электрические. Ну а что случится, если мы, наоборот, уменьшим расстояние между частицами вдвое, сведем их так, чтобы

расстояние между их центрами стало равным всего полтриллионных миллиметра? Нет, вы не угадали, силы их притяжения не вырастут, они сменятся не менее мощными силами взаимного ядерного отталкивания. Силы ядерного дола как бы стремятся расположить и удерживать элементарные частицы в ядре на строго определенных расстояниях друг от друга.

А теперь о самих элементарных частицах. Как известно, в ходе ядерных взаимодействий или ядерных реакций происходят удивительные превращения одних элементарных частиц в другие. Причем слово «превращение» здесь употреблено не совсем точно. Лучше сказать, что в результате взаимодействий, вызываемых, скажем, столкновением двух частиц, эти частицы исчезают, по возникают другие. Нет, они не содержались в материнских частицах, они возникли совершенно заново. И это не осколки материнских частиц, как мы представляем себе осколки разбитой рюмки или блюдечка. Нет, продолжая сравнение, можно сказать, что до столкновения у нас были рюмка и блюдечко, а после столкновения появилась чашка и розетка... Такие «превращения», абсолютно немыслимые в нашем мире, в микромире — обычная вещь. Нейтрон превращается в протон, электрон и позитрон, столкнувшись, образуют два фотона, столкновение нейтрино и протона порождает нейтрон и электрон и так далее, и так далее.

Эти превращения не случайны, они строго закономерны, хотя и весьма разнообразны. Ограничения на них накладывают законы сохранения. В первую очередь, конечно, закон сохранения материи. Он известен нам в качестве двух законов сохранения — энергии и массы. Поскольку в микромире часты и обычны взаимные переходы массы в энергию и наоборот (эти переходы происходят по закону эквивалентности, вытекающему из теории относительности Эйнштейна), целесообразней говорить об обобщенном законе сохранения материи. Но это далеко не единственный из существующих в микромире законов сохранения. Там действует, к примеру, закон сохранения электрического заряда. И он так же неумолим и непреодолим, как закон сохранения материи. Сумма электрических зарядов, получившихся после ядерной реакции частиц, всегда неотвратно равна суммарному электрическому заряду частиц, вступивших в реакцию. Имеются и другие законы сохранения различных свойств элементарных частиц, которыми и определяется ход ядерных реакций.

Как видите, в этом хаосе есть все-таки свои законы!

Часто задают такой вопрос. В нашем привычном мире вещей, с которыми имеет дело человек, нет двух совершенно одинаковых предметов. Принято говорить: похожи, как две капли воды. Но как не похожи друг на друга две капли воды! Они могут иметь различный химический состав, массу, температуру и различаться еще десятками свойств. И это относится ко всему — к двум паровозам, к двум пузырькам чернил, к двум авторучкам. Любые два предмета, взятые ли из природы, сделанные ли человеком даже с помощью одного и того же штампа, кажутся одинаковыми только до определенного предела. Иногда разница видна уже простым глазом: у вышедших из-под одного штампа деталей заусенцы разной величины, на одной детали появилась случайная царапина. Иногда, чтобы уловить различия, надо прибегнуть к лупе, микроскопу, химическому анализу и так далее. Ну, а в микромире — целиком ли похожи друг на друга две элементарные частицы: два нейтрона, два электрона, два фотона?

На этот вопрос, в общем-то, есть два ответа. Первый — квантовая механика, главная наука, законам которой подчиняется микромир, утверждает: изменения качеств возможны там только скачками, ступенеобразно. Электрон перескочил с одной орбиты в атоме на другую — выбросил квант энергии. Он не может выбросить полкванта и занять промежуточную орбиту. И получает энергию элементарная частица тоже только строго определенными порциями — квантами. Ни четверти кванта, ни одну восьмую его получить она не может. Значит, элементарные частицы, подходящиеся в одинаковых условиях, должны быть точно подобными друг другу. Во всем. И черт различия, так сказать индивидуальности, ни у одной из них быть не может.

Но возможна и другая точка зрения на этот предмет. Элементарные частицы представляются нам одинаковыми потому, что мы «видим» их еще очень издали, в очень общих чертах, и ни разу не смогли перейти тот предел, за которым можно уловить их индивидуальность. Издали, скажем, с высоты в несколько километров и люди неотличимы друг от друга — у каждого две ноги, две руки и голова. Но мы-то, живущие на Земле, знаем, как индивидуален каждый, буквально каждый человек и как редки близнецы и двойники. И когда мы сможем «рассматривать» элементарные частицы более детально, более дотошно, окажется, что и они не лишены индивидуальных черт.

И ни в коем случае не пытайтесь представить себе элементарные частицы чем-то вроде жестких шариков. Прежде



всего элементарные частицы — чрезвычайно сложные образования. Уже удалось определить, нащупать, так сказать, что протоны имеют слоистое строение, причем плотность верхнего их слоя меньше, чем более глубоких слоев. К тому же частицы крайне «подвижны», даже в самом спокойном, «невозбужденном» состоянии они непрерывно пульсируют, совершая 10^{23} пульсаций в секунду. Они то как бы становятся волной, то вновь возвращаются в корпускулярное состояние. Конечно, в ходе всех этих превращений, пульсаций, взаимных столкновений у них «обиваются» грани, они не остаются неизменно подобными друг другу. Правда, ни «обитых» уголков у частиц, ни «пыли», ни «осколков» мы пока не умеем замечать.

Пусть не кажется вам это удивительным. Ведь и значительно более «видимые» закономерности микромира неизвестны нам и доныне. Взять, к примеру, общую систему, общую организацию этого мира. Ученые только-только начали о ней догадываться. И, к сожалению, пока общей «первичической системы» элементарных частиц еще нет. Есть только первые наброски «системы», с которыми мы сейчас и познакомимся.

ПОРЯДОК В МИРЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Непознанная природа представляется разуму бессистемным хаосом. Познание природы и есть нахождение закономерностей, связывающих этот хаос в единое целое.

Было время, когда и движение планет среди неподвижных звезд казалось хаотичным, необъяснимо странным. Само слово «планета» — «блуждающая» — доныне напоминает нам о бессилии первобытного астронома постичь явление. Именно тогда, на зыбкой почве незнания, возникла легенда о звезде библейских волхвов, которая якобы двигалась по небу, указывая им путь в Вифлеем... Ныне законы небесной механики, открытые Галилеем, Кеплером и Ньютоном, представляются настолько простыми, что основы их изучают в средней школе. Картину хаотического движения небесных тел в сознании людей сменила другая картина — предельно точного, как хронометр, механизма, закономерного, гармоничного, строгого. Отклонение планеты от предсказанного ей формулами пути на несколько угловых секунд за десятилетие — сегодня уже скандал в небесной механике, заставляющий думать о вмешательстве чужого разума, как это

было, скажем, с гипотезой об искусственном происхождении спутников Марса.

Всего около ста лет назад хаотичным представлялся людям и мир простых веществ. Химики знали: воду можно разложить на водород и кислород, а вот серу разложить ни па что нельзя. Из таких простых, неразложимых веществ — проникновенно догадывались ученые — и сложены все вещества нашей планеты. Но сколько элементов имеет в своем распоряжении природа, сколькими красками она рисует все бесконечное великолепие и разнообразие мира? Сорока? Четырьмястами? Или четырьмя тысячами?

Д. И. Менделеев навел четкий, единственно возможный порядок в этом хаосе. Элементы покорно легли в порядке возрастания атомных масс, обнаружив периодическое повторение свойств, образовав гармоничные ряды и группы. Стало ясно, что в палитре природы не более ста красок. В клетках периодической таблицы не нашлось места только орихалку — мифическому металлу Атлантиды, «занимавшему промежуточное место между золотом и серебром». И доныне спорят, о каком металле говорил Платон. Об алюминии? Или эта легенда, подобно легенде о звезде волхвов, выросла из незнания природы вещей?

Периодическая система элементов сразу же сделала целенаправленными поиски новых элементов. В таблице оставались пустые клетки — их-то и стремились заполнить ученые. Сегодня пустых клеток нет. Те краски этой палитры природы, которые оказались недостаточно стойкими, чтобы сохраниться с дней бурной юности планеты до нашего времени, люди воссоздали сами. Так были искусственно созданы в лабораториях ученых элементы технеций, прометий, нептуний, плутоний... Более десятка элементов, потерянных природой, уже искусственно создал человек.

Периодическая система дала возможность предсказать свойства неизвестных тогда элементов... А затем она получила и более глубокое обоснование: оказалось, что свойства элементов объясняются строением их атомов, числом нуклонов, входящих в ядро, электронными оболочками, окружающими его. Бесспорно, периодическая система элементов во многом способствовала проникновению на новую ступень в глубь материи — в мир элементарных частиц.

Сегодня количество обнаруженных частиц уже превысило двести... Один физик подсчитал, что в последние полвека их число удваивается каждые одиннадцать лет... И уже Давным-давно задали себе ученые вопрос: сколько же всего в природе элементарных частиц? Есть ли логическая зако-

номерность, связывающая этот мир в стройную систему, как периодическая система элементов Менделеева связывает в единое целое мир простых веществ?

Впрочем, насколько известно, никто из физиков никогда даже сомнения не высказывал в том, что такая система должна быть. Физики понимали, что хаос в мире элементарных частиц свидетельствует лишь о достигнутом ими уровне познания.

Классификаций элементарных частиц, правда, было предложено немало, но срок жизни почти каждой из них был крайне недолгим. Классификации и системы мгновенно распадались под огнем критиков, бивших по ним тяжелыми снарядами новых фактов. И лишь одна такая система проявила некоторую, более продолжительную жизнеспособность.

Началось все с идеи, высказанной Сакатой в 1956 г. Салам, Гелл-Ман, Нейман, Уорд и многие другие ученые вложили свой труд в разработку системы. Но и сегодня она еще далека от завершения. Нет сомнения, что будут внесены в список ее создателей и многие другие имена.

Надо сразу сказать: создаваемая трудом многих исследователей систематика элементарных частиц чрезвычайно сложна для понимания человека, не знающего сугубо специальных разделов высшей математики, не знакомого досконально с физикой элементарных частиц. Поэтому в нашем популярном рассказе мы сможем дать о ней только самое поверхностное представление.

Элементарные частицы рассматриваются группами — мультиплетам. На группы мультиплетов по их свойствам элементарные частицы были разбиты давно. Так, в один мультиплет входят наши старые знакомые — протон и нейтрон, имеющие массы 1836,1 и 1838,6. Число частиц, входящих в мультиплет, само становится одной из характеристических «координат». Оно берется в несколько измененном виде и называется изотопическим спином. Чисто математическим способом изотопическому спину удается приписать определенные проекции на одну из координатных осей. На другой оси откладывается гиперзаряд входящей в мультиплет частицы. Для непосвященного и этот термин нуждается в объяснении. Гиперзаряд производится от странности — характеристики элементарных частиц, о физической сущности которой физики не могут сказать практически ничего, кроме того, что она сохраняется при всех ядерных реакциях определенного типа и характеризует продолжительность жизни частицы. На третьей оси откладывается заряд

частицы в математической же комбинации со странностью. Образующаяся трехмерная система и объединяет группу элементарных частиц. Обычно, правда, ее рассматривают в проекции на плоскость. При этом частицы располагаются в определенных точках многоугольника.

Такова эта, кажущаяся чрезвычайно условной, схема, первая попытка навести хотя бы какой-то порядок, в мире элементарных частиц. Как видите, она производит впечатление чрезвычайно искусственного чисто математического построения, и даже основные характеристики, лежащие в ее основе, в значительной мере носят искусственный и не очень понятный характер. Что же может дать такая схема?

♦ ♦ ♦

Сила любой теории в том, что она может предсказать новые явления. Так, периодическая система элементов Д. И. Менделеева сразу же позволила ее создателю предсказать свойства еще не открытых тогда элементов и уточнить целый ряд характеристик уже известных элементов.

Новая теория — так называемая теория унитарной симметрии элементарных частиц — помогла вывести целый ряд формул, связывающих между собой частицы, входящие в супермультиплеты.

Новая теория позволила предсказать существование ряда элементарных частиц. Так, в семействе частиц определенного вида — так называемых мезонов со спином 0 — одно место оказалось незанятым. Нонета (девятки) элементарных частиц со спином 1 вообще не существовало. Салам и Уорд полгода держали в столе статью с предсказанием существования этих девяти частиц. Они опубликовали ее летом 1961 г., а уже осенью все девять частиц были открыты...

Но это были довольно обыкновенные частицы, триумф новой теории пришел позже. В 1962 г. Гелл-Ман предсказал существование еще одной, чрезвычайно странной частицы. Она должна была находиться в вершине треугольника, составленного по всем правилам новой теории из частиц другой группы, так называемых барионов со спином $3/2$. Масса частицы должна была составлять 3276 масс электрона, а продолжительность жизни — 10^{-10} секунды. Это чрезвычайно странное и противоречивое сочетание свойств: частицы с такой большой массой должны бы распадаться значительно быстрее. Но... частица была открыта! Ее масса оказалась равной 3277 массам электрона... Это уже было триумфом!

ЧАСТИЦЫ ЧАСТИЦ -- ПАРТОНЫ

Одним из последних достижений физики элементарных частиц стало обнаружение того факта, что «элементарный протон имеет сложную внутреннюю структуру.

Конечно, ни философы, ни физики в последнее время не сомневались, что элементарность известных частиц — лишь иллюзия, идущая от недостаточно полного знания. Долгие годы эта, казавшаяся очевидной мысль не подтвердилась экспериментально.

Для того чтобы в физике элементарных частиц идти дальше, необходимы все более мощные ускорители, огромные установки, разгоняющие частицы до колоссальных энергий. Обычно мощность ускорителей измеряют в гигаэлектронвольтах (ГэВ); ГэВ — это 10^9 электронвольт (электронвольт — энергия, которую приобретает электрон, пройдя разность потенциалов в один вольт). Если для 60-х годов ускорители в 10 ГэВ казались весьма мощными, а лаборатории, такими ускорителями располагавшие, получали звание лабораторий высоких энергий, то уже в начале 70-х годов они казались названными так по ошибке. Энергии современных ускорителей выше в десятки раз. Например, энергия ускорителя в Серпухове (СССР) — 75 ГэВ, в Батейвии (США) — 400 ГэВ, в Европейском центре ядерных исследований ЦЕРНе (Швейцария) — 28 ГэВ. Причем в конструкции последнего ускорителя использован так называемый метод встречных пучков или колец.

В ускорителях, построенных по этому принципу, в экспериментах участвует не один пучок разогнанных элементарных частиц, а два, направленных навстречу друг другу. Легко подсчитать, пользуясь релятивистским законом сложения скоростей, что если на кольцах ЦЕРНа час...

...иной слои фольги α -частицами. Частицы, в основном, как следовало ожидать, легко проходили фольгу, отклоняясь на малые углы. Но вот что поразительно: некоторые из них буквально отбрасывались назад. Объяснение могло быть единственным: частицы в этом случае сталкивались с другими, положительно заряженными, очень маленькими частями. Это означало, что положительный заряд в атоме концентрирован в ничтожно малой по сравнению с их размерами области — ядре, а вокруг распределен отрицательный заряд — электроны.

«Теперь история, по-видимому, повторяется на расстояниях в 100 тысяч раз меньших, чем атомные», — писали не так давно руководители экспериментов по рассеянию электронов на протонах на линейном ускорителе в Стэнфордских опытах, как в опытах ЦЕРНа, результаты поразительно напоминали результаты Резерфорда. Углы, на которые отклонялись налетающие на протон электроны, оказались велики, что приходилось предположить одно — внутри протонов тоже имеются «ядра», но в отличие от атомов «сер» в протонах много.

Известный американский физик Р. Фейнман назвал известные «ядра» в протоне партонами, от английского «part» — часть. Название прижилось. Правда, до сих пор никто не может сказать — что же такое партон? Многие ученые отождествляют партоны с так называемыми кварками — гипотетическими частицами с дробным электрическим зарядом, введенные в теорию Гелл-Маном. Если партоны — кварки — одно и то же, то мифические кварки становятся реальностью. Но как «уживаются» партоны внутри протонов — пока неизвестно. Может быть, они просто разбросаны в протоне, словно семечки в арбузе.

Пожалуй, этот результат — обнаружение точечной структуры протонов — один из самых поразительных в физике элементарных частиц последнего десятилетия. Ведь теперь еще раз, уже экспериментально, доказано, что нет и не может быть неделимых частиц. Тот факт, что внутри обь-

бы заманчиво не было объявить его окончательным, на самом деле никогда не бывает абсолютно полным...

А теперь поговорим о другом. О самой таинственной из элементарных частиц и о тех надеждах, которые связывают с ней ученые. К тому же мы должны заметить заранее, что эта частица играет определенную роль в жизни и «старении» Вселенной.

НЕЙТРИННАЯ АСТРОНОМИЯ

Можно привести такое сравнение. Человечество живет в большом доме, отгороженном от остального мира толстой стеной. В этой стене люди знали только одно окно — через него-то в течение пяти тысячелетий они и осматривали окрестности. И вдруг они догадались о существовании нового окна, через которое можно увидеть другие детали, даже другие области окрестного мира!

Глухая стена нашего мира — атмосфера планеты. Окна в ней — те два участка электромагнитного спектра, для которых атмосфера прозрачна.

В ближайшем будущем за пределами атмосферы будет создана первая астрономическая обсерватория, которая сможет изучать Вселенную во всем гигантском спектре пронизывающих ее излучений. Возникнут и разовьются в самостоятельные области науки инфракрасная астрономия, ультрафиолетовая астрономия, гамма-астрономия, астрономия рентгеновских лучей. А все-таки нужно еще одно окно в мир уже сейчас. Через него можно будет увидеть массу интересного и нового, еще расширить наши сведения о Вселенной, которую только начали бороздить космические корабли. Сквозь это окно к нам влетают посланцами дальних миров загадочные частицы материи — нейтрино...

В 1931 г. Вольфганг Паули произнес ставшие знаменитыми впоследствии слова: «Я совершил сегодня нечто ужасное. Физико-теоретику никогда не следует этого делать. Я предположил нечто, чего пикогда нельзя будет проверить экспериментально». Так сам автор отозвался о собственной теории существования совершенно необычного вида элементарных частиц — нейтрино. Именно так ласково назвал эту частицу итальянский физик Энрико Ферми. На русский язык это название можно перевести, как «нейтрончик».

Однако Паули ошибся — его дитя было законнорожденным, что и подтвердила довольно бурная история экспериментов по поискам нейтрино на Земле и в космосе, хотя

сам факт обнаружения этих необычных малюток относится лишь к 1953 году.

В чем дело? Почему так долго не удавалось обнаружить эту частицу? Почему чуть ли не четверть века продолжались споры о том, существует ли она вообще?

Нейтрино — самая удивительная из частиц микромира. О ней известно очень мало. Она не оставляет никаких следов ни в камере Вильсона, ни в пузырьковой камере и вообще ни в каком из самых чутких наших приборов. К тому же она почти «не реагирует» ни на каких других жителей микромира. Через самое плотное вещество она проходит с такой же легкостью, как через пустоту космоса. Чугунная стена толщиной в расстояние от Земли до Солнца прозрачна для нейтрино как оконное стекло для луча света.

Но не подумайте, что нейтрино такая уж редкая частица. Нет, она рождается в результате весьма обычных для микромира событий — скажем, при распаде нейтрона. Помимо электрона и протона в этот же миг в мире появляется нейтрино и отправляется в свой поистине вечный путь сквозь Вселенную. Ибо, как мы говорили, она почти не вступает в реакции с другими частицами, не распадается и не взаимодействует с электромагнитным полем, так как у нее нет электрического заряда.

Теперь понятно, каким важным событием в науке оказалось опытное подтверждение существования этой неуловимой частицы! Трудно удержаться, чтобы не рассказать хотя бы очень коротко об этом опыте.

Мы говорили, что нейтрино почти не взаимодействует с другими частицами. Почти... ибо очень редко — один раз на миллион миллиардов километров полета сквозь толщу вещества — нейтрино должно провзаимодействовать, столкнувшись с протоном. Так, во всяком случае, утверждали теоретические расчеты.

Вот и следовало или подтвердить их, или опровергнуть.

Конечно, невозможно наблюдать за полетом нейтрино в толще вещества в миллионы миллиардов километров. Но можно сделать наоборот. Можно пропускать миллионы миллиардов нейтрино через один километр вещества. А если частиц будет еще больше...

Распад нейтрона с вылетом нейтрино — весьма обычное событие в атомных реакторах. Продукты этого превращения, как и всех других, конечно, остаются в реакторе, в крайнем случае застревают в толстой стенке бетонной защиты. Все, кроме нейтрино. Для этого всепроникающего бродяги никаких преград не существует. Реактор большой мощнос-

ти — в 300 тысяч киловатт — каждую секунду выбрасывает 10 миллиардов миллиардов нейтрино. На расстоянии 10 метров от такого реактора каждый квадратный сантиметр пространства пронизывает каждую секунду до тысяч миллиардов нейтрино.

И вот рядом с таким реактором американские физики Райнес и Коуэн установили целую цистерну с веществом, содержащим большое количество водорода. Вы помните: ядра водорода — это протоны. С ними-то и должны были реагировать нейтрино.

При реакции протона с нейтрино должны возникать нейтрон и позитрон. Мгновенная гибель позитрона давала вспышку света, которая регистрировалась фотоумножителями. Нейтрон, проблуждав некоторое время и замедлившись, неизбежно должен был "влиться" в атом вещества и тоже вызвать выброс фотонов. Таким образом, каждый случай взаимодействия нейтрино с протоном дважды регистрировался фотоэлектронными умножителями.

Было совсем не просто подготовить и провести этот опыт! Достаточно сказать, что подготовка его заняла более пяти лет. Но он должен был дать ученым точное подтверждение существования нейтрино.

Можно представить себе, с каким волнением ждали исследователи желанных щелчков счетчиков. И эти эксперименты подтвердили: нейтрино существует!

Позже, другими, не менее хитроумными опытами ученые показали, что существуют два вида нейтрино (и антинейтрино). Это уже целое семейство удивительных элементарных частиц!

Будем ли мы знать о нейтрино больше, чем знаем сейчас? Сможем ли установить его свойства, характер, наконец, строение? Да, безусловно. Но, видимо, только тогда, когда будут найдены способы регистрировать присутствие нейтрино хотя бы так же, как регистрируют прохождение других заряженных частиц счетчики Гейгера — Мюллера. Тогда, когда ученые смогут следить за его полетом, как следят за полетом протона в пузырьковой камере. Больше того. Рано или поздно люди научатся управлять потоками нейтрино, как сейчас в радиолампах они дирижируют целыми облаками электронов. И тогда нейтрино станет служить человеку. Что принесет оно нам — сейчас трудно предугадать. Может быть, околосветовые скорости полета межгалактических ракет. А может быть нечто такое, о чем мы и мечтать сегодня не можем, как не могла мечтать Шехерезад об экране домашнего телевизора...

Но вернемся к нейтринной астрономии.

Первым был поставлен опыт по обнаружению потока нейтрино от Солнца — типичной для известной области Вселенной звезды, ближайшей к нам. Но задача оказалась гораздо более сложной, чем это можно было предположить. Солнце решило подшутить над исследователями: чувствительность аппаратуры достигла расчетной, а никаких нейтрино не было.

Между тем для эксперимента было создано уникальное оборудование. В одной из золотодобывающих шахт в штате Южная Дакота на глубине около полутора километров помещался огромный бак с тетрахлорэтаном. Большая толща земли над установкой была необходима для защиты от фона космических лучей. Число «пойманных») нейтрино должно было определяться по количеству ядер аргона, возникших в баке в результате ядерных реакций с участием нейтрино. Ожидался один случай взаимодействия нейтрино за сутки — такую величину давали предварительные теоретические оценки. Но прошли сутки, другие, третьи...

Рассказывают такой анекдот. После неудачи с нейтрино рабочие на золотых шахтах утешали руководителя эксперимента: «Не огорчайтесь, доктор Дэвис, ведь лето было такое облачное»...

Это шутка. Но вот то, что нейтринная астрономия пока терпит одни лишь поражения — дело серьезное. По словам академика В. Л. Гинзбурга в нейтринной астрономии «катастрофы еще не произошло, но предупредительный сигнал уже зажегся». Тем не менее ученые верят в успех.

Да, без сомнения, появление третьей сестры в семье астрономических наук — дело ближайшего времени. Может быть, она откроет нам более интересные вещи, чем оптическая астрономия и радиоастрономия, вместе взятые. Ведь и видимые, и радиолучи приносят на Землю сведения только о поверхностях звезд и планет. А нейтрино рождается в ходе ядерных реакций в глубочайших недрах Солнца и звезд и тут же покидает свою колыбель, унося с собой информацию о месте и условиях своего рождения. В ведении нейтринной астрономии окажутся не только поверхности и атмосферы небесных тел, но и их глубочайшие недра. Для нейтринной астрономии сверхплотные и сверхгигантские звезды окажутся более прозрачными, чем если бы они состояли из разреженных облаков прозрачайших газов.

Потоки нейтрино, излучаемые звездами, отнюдь не слабы, у некоторых звезд энергия нейтринного излучения мо-

жет даже намного превышать их светимость в видимых лучах.

Нейтринная астрономия позволит подробно разобраться и во «внутренней» жизни нашего дневного светила. Увидеть глубокие недра Солнца, получить сведения об идущих там ядерных реакциях — об этом могут только мечтать астрофизики сегодня. Нейтринное излучение Солнца также достаточно мощно. Ведь нейтрино уносят около 5% всей излучаемой им энергии.

Ну, а наша родная планета? Разве мы так уж много знаем о строении ее недр? А ведь и в них — на разных глубинах — вершатся, наверное, процессы, сопровождающиеся вылетом нейтрино. Не обратятся ли нейтринные телескопы не только к Солнцу, к самым далеким звездам, но и к глубинам нашей планеты?

А вот еще одна удивительнейшая возможность будущей нейтринной астрономии. Но о ней нам хочется рассказать словами известного советского ученого Бруно Максимовича Понтекорво, впервые сформулировавшего эту задачу, как и многие другие задачи нейтринной астрономии:

— Могут ли наблюдения с Земли сказать нам, существуют ли антимирры? Пусть мы видим какое-то небесное тело и хотим узнать, из вещества или из антивещества оно состоит. Наблюдение света и вообще электромагнитных волн никак не может дать ответа на этот вопрос. Свет, испускаемый, скажем, атомом водорода, тождествен свету, испускаемому атомом антиводорода. Ведь фотоны — истинно нейтральные частицы: они не имеют никаких зарядов и не отличаются от своих античастиц.

А как обстоит дело с нейтринным излучением? Мы уже видели, что Солнце испускает нейтрино, а не антинейтрино. Это же относится и к любым звездам, где основной источник энергии — термоядерные реакции превращения водорода в гелий. Теперь представьте себе «антисолнце», внутренние процессы которого аналогичны солнечным. Это значит, что источником энергии там служит превращение антиводорода в антигелий. Такие антисолнца дадут свет, не отличимый от света нашего Солнца. Однако они будут испускать антинейтрино, а не нейтрино. Можно представить себе, какие перспективы открываются перед нейтринной астрономией!

Но повторяем еще раз: все это станет возможным тогда, когда нейтрино превратится из таинственного неуловимого незнакомца в послушного помощника человека.

А это время обязательно настанет!

СУЩЕСТВУЮТ ЛИ АНТИМИРЫ?

В 1928 г. английский теоретик Поль Дирак сделал блестящее открытие — он предсказал существование античастиц. Основываясь на положениях теории относительности и квантовой механики, Дирак вывел уравнение, из которого вытекало по меньшей мере странное следствие — существование второго решения, в котором фигурировал электрон... с положительным зарядом. Разумеется, первым делом скептически настроенные оппоненты попытались исключить это еретическое решение, но безуспешно. Лишь в 1932 г. противоречие между предсказанием теории и практикой разрешилось: физик Андерсон сфотографировал в камере Вильсона след двойника электрона, предсказанного Дираком, который получил название — позитрон.

Разумеется, тут же возник вопрос: а существуют ли у других элементарных частиц античастицы, т. е. частицы, по всем своим свойствам симметричные уже известным? Ответ на этот вопрос мог быть получен лишь с созданием мощных ускорителей. В 1955 г. был открыт антипротон, у которого я отличие от протона был отрицательный заряд. Год спустя открыли и антинейтрон. Вскоре стало окончательно ясно, что античастицы существуют для всех частиц, за исключением истинно нейтральных, таких, как фотон.

Но отчего в нашем мире и в физических экспериментах античастицы — столь редкие гости? Почему раньше их присутствие не удавалось обнаружить? Ответ прост: частицы и античастицы — очень «плохие» соседи. Первое же столкновение приводит к их взаимной аннигиляции, уничтожению, с выделением энергии в виде квантов, соответствующей сумме их масс. По наблюдениям ученых, лишь нейтрино и антинейтрино могут спокойно соседствовать, но слишком мало мы знаем об этом семействе частиц, чтобы уметь сегодня объяснить это явление.

А можно ли представить себе атомное ядро, состоящее из антипротонов и антинейтронов, т. е. антиядра? Можно ли представить себе атом, в котором возле антиядра вращаются позитроны?

В принципе, законы микромира не запрещают этой возможности. Значит может существовать антиатом? То есть — и антивещество?

Экспериментально антивещество пока не получено. А вот антиядра наблюдались. Началось с того, что в марте 1965 г. американские ученые обнаружили ядра тяжелого

антиводорода, антидейтроны, рожденные вместе с обычными дейтронами при столкновении протонов очень высоких энергий с веществом. А в 1971 г. советские физики в подмосковном городе Протвино, где находится самый большой наш ускоритель, получили ядра антигелия.

Таким образом, первый шаг на пути лабораторного получения антивещества сделан. Но, быть может, не наблюдаемое у нас на Земле антивещество на самом деле вовсе не редкость в космосе? Быть может, где-то в космических глубинах скрываются сгустки антивещества, антистероиды, антипланеты, антигалактики, наконец? Короче, может быть существуют антимирь?

В антимире частицы нашего мира — протоны, электроны, нейтроны — будут столь же редкими гостями, как в нашем мире — античастицы. И только кванты электромагнитного поля будут теми же, значит, гипотетический антимир так же светел, как и наш, и именно электромагнитный спектр — то окно, в которое мы без опаски можем разглядывать друг друга: мы, жители мира, и жители антимира. Ведь более тесные контакты для нас запрещены: любой посланец нашего мира не сможет протянуть руку своему антисобрату под страхом аннигиляции...

Конечно, такая встреча — фантазия. Однако проблема возможного существования антимира волнует воображение не только писателей, но и ученых. Например, видный физик, специалист в области элементарных частиц, М. Гольдхабер выдвинул не так давно гипотезу некоей «первородной частицы», которую он назвал универсон. Когда-то, если следовать этой гипотезе, из универсонов состояла вся содержащаяся во Вселенной материя, а затем эти частицы распались на космоны, состоящие из вещества, и антикосмоны, состоящие из антивещества. За счет огромной энергии распада космонов и антикосмонов далеко разлетелись в разные стороны, а затем вновь распались, дав начало миру и антимиру. Правда, данная гипотеза не основана на известных фактах и теоретических выводах, поэтому обсуждать ее сегодня невозможно. Несколько позже мы расскажем о гипотезе планкеонов, тоже фундаментальных частиц, но обладающих более реальными математическими и физическими свойствами, нежели универсоны.

Другая гипотеза возникновения мира и антимира связана с понятием амбилазмы — смеси плазмы и антиплазмы. Именно в таком состоянии находилась Вселенная на ранних этапах развития, говорят сторонники этой гипотезы. Подробно разработали ее О. Клейн и Х. Альвен. Они предпо-

жите, что дальнейшее разделение вещества и антивещества происходило в амбиплазме под воздействием гравитационных и электрических сил. Впрочем, при достаточно глубоком анализе и эта гипотеза не согласуется с известной ныне картиной эволюции Вселенной.

А что говорит о возможности существования антимиров эксперимент?

Сегодня во всяком случае ясно, что Солнечная система состоит из «обычного» вещества. То же, по всей видимости, можно сказать и о нашей Галактике, — физика космических лучей не дает оснований думать иначе. С внегалактическими объектами дело обстоит сложнее — ведь и миры и антимиры посылают свои сигналы в одном и том же электромагнитном спектре. Поэтому надеяться можно лишь на нейтринную и на гамма-астрономию, так как при аннигиляции вещества и антивещества происходят вспышки гамма-излучения.

И последний вопрос: имеет ли проблема антивещества хоть какое-то практическое значение?

Создание и накопление антивещества позволит получить новый источник энергии. Рассмотрим, к примеру, ракетный двигатель, построенный на антивеществе, — такой, каким он видится сегодня ученым.

Его топливо — антивещество и вещество. В современных ракетах горючее и окислитель находятся в разных баках. Если они случайно смешиваются — происходит взрыв. Сообщение о такой катастрофе на мысе Кеннеди в свое время публиковала мировая печать. Точно так же в разных отсеках корабля будет сохраняться вещество и антивещество. Но при их незапрограммированном контакте катастрофа может быть еще страшнее. Аннигиляция всего запаса такого топлива приведет к взрыву, по мощности много превосходящему взрыв атомной бомбы.

Судите сами. Килограмм «условного» топлива — обычного каменного угля — при полном сгорании выделяет 7000 килокалорий, килограмм ядерного горючего дает в три миллиона раз больше энергии — 20 000 000 000 килокалорий. И, приписав к этой цифре еще три нуля, мы получим приблизительно число, характеризующее мощность взрыва при исчезновении килограмма антивещества.

Как оберегать его в полете на борту ракеты? Очевидно, это можно будет сделать, «завернув» опасный груз в электромагнитное поле. Точно так же, из электромагнитных поясов будет «сконструирована» и камера, в которой должна происходить бурная реакция вещества и антивещества — аналогично тем магнитным ловушкам, в которых удержи-

вают сегодня ученые высокотемпературную плазму в термоядерных реакторах. Два куска вещества и антивещества могут и не реагировать до конца. Реакция захватит только поверхностные слои в точке соприкосновения. И сила начавшегося взрыва разбросает в разные стороны куски непрореагировавшего вещества. Произойдет то, чего так боялись создатели первой урановой бомбы: реакция замедлится и прекратится. Чтобы этого не произошло, в камеру звездолета, образованную магнитным полем, будут подавать вещество сильно раздробленным.

При аннигиляции рождаются невиданной плотности потоки квантов электромагнитного поля. Скорость их движения с момента рождения предельная — скорость света в пустоте. Магнитная камера находится далеко за кормой звездолета. Между камерой и кормой установлено гигантское гиперболическое зеркало, поверхность которого будет обладать идеальной отражательной способностью. В фокусе зеркала будет гореть антивещество. Реактивная сила «взхлопного» луча и будет двигать звездолет...

Этот уже далеко не «молодой» проект принадлежит австралийскому ученому Зенгеру. По его расчетам, скорость такой фотонной ракеты должна быть близка к скорости света.

Однако в этом проекте, разумеется, кроются непреодолимые на сегодняшний день трудности. Из какого вещества, к примеру, создать необходимое гиперболическое зеркало? Ведь если отражение зеркала будет не полным, то той части энергии, которая поверхностью зеркала поглотится, будет достаточно, чтобы оно испарилось в первый же момент работы двигателя. Правда, сам Зенгер предложил в качестве зеркала использовать облако электронов, находящихся в особом состоянии. По его расчетам, это электронное облако сможет обеспечить полное отражение.

Другой вопрос: значительные энергопотери. При аннигиляции нуклона и антинуклона образуются еще и нейтрино, и пи-мезоны. Разлетающиеся во все стороны нейтрино удержать практически невозможно, и та энергия, которую унесут они с собой — потеряна безвозвратно. Так что проект Зенгера, конечно же, сегодня остается фантастическим.

В заключение укажем, что видимо, могут существовать «частицы», имеющие скорость больше световой — тахионы. Их существование, пока только теоретически, предсказал в 1960 г. известный советский физик Я. П. Терлецкий. Эти «частицы» не могут служить источником передачи сигналов, но принцип причинности ими не нарушается.

ПЛАНКЕОНЫ, ИЛИ „СПЯЩИЕ ЧАСТИЦЫ“

Мы только что называли нейтрино и самой таинственной из элементарных частиц, и самой неуловимой. Между тем это не совсем справедливо. Сегодня пальмой первенства и по таинственности, и по неуловимости, бесспорно, обладают планкеоны. Прошло совсем немного времени, как их вытащил «на кончике пера» из лабиринта математических формул один из авторов этой книги (К. П. Станюкович). Первые его работы об этом относятся к 1964 г. Существование нейтрино, длительное время бывшее весьма проблематичным, хотя и с огромным трудом, но все же доказано на опыте. Существование планкеонов — этих «спящих частиц материи» — опытным путем еще не подтвердил никто. И неизвестно, когда мы получим это подтверждение, если не принимать за него слабый, доносящийся до нас из невероятных далей, блеск сверхзвезд.

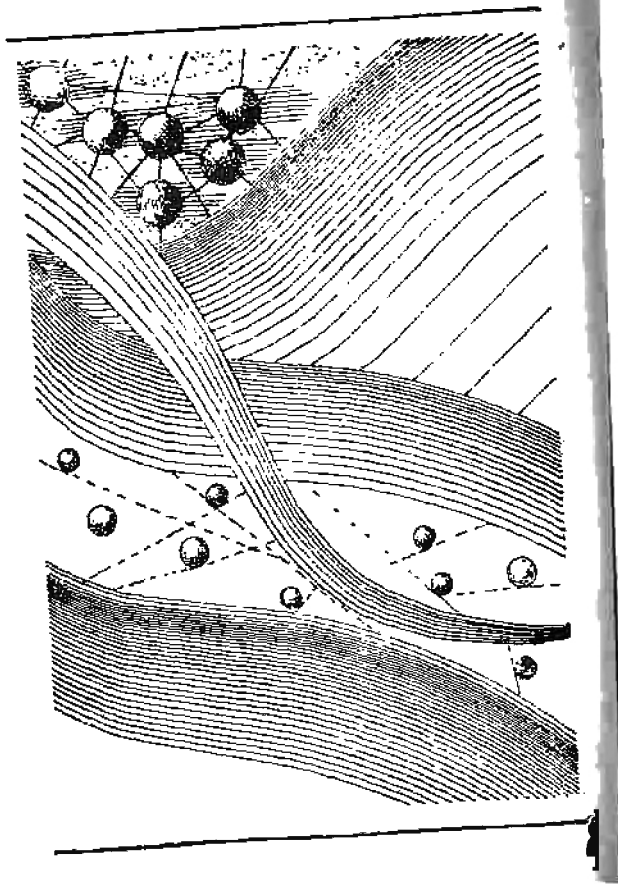
Планкеоны можно считать совершенно особым классом элементарных частиц. И не только те планкеоны, которые по массе подобны последним, но и те, масса которых несравненно больше. Что же, разве мы где-нибудь говорили о том, что элементарные частицы всегда были такими же, какими мы знаем их сегодня? Наоборот, мы везде подчеркивали, что все в нашей Вселенной изменяется. И возможно, в отдаленном прошлом сегодняшние элементарные частицы были значительно более массивными, тяжелыми, а с тех пор они просто значительно «пообтегались». Возможно, что еще раньше, вскоре после образования Вселенной, она была заполнена «элементарными частицами» и еще большей энергии, из которых, по мере расширения Вселенной, и образовывались более привычные для нас обитатели микромира.

Что же такое планкеоны?

Помните, когда мы рассказывали о квазарах, мы говорили о гравитационном коллапсе, при котором звезда сжимается, причем при определенном критическом значении ее радиуса поле тяготения ее становится столь мощным, что не выпускает с поверхности звезды никаких сигналов.

Теоретически возможно устойчивое состояние и совсем крохотных сколлапсированных масс, так сказать, брызг дозвездной материи, пылинок ее, однако остающихся устойчиво в сверхплотном состоянии и имеющих радиус меньше критического. Это могут быть, к примеру, массы в 10^{-5} г, с плотностью в 10^{65} г/см³. Их радиус при этом должен составлять 10^{-33} см. Как видим, они в 10^{20} раз меньше, чем

4*



электрон... Однако в случае, если по каким-либо причинам такое странное образование «расколлапсируется» и перейдет в нормальное состояние, выделится огромное количество энергии— 10^{10} эрг. Это больше, чем энергия взрыва тонны самого сильного взрывчатого вещества.

Расчеты показывают, что такие образования, возможность существования которых показал один из авторов этой книги и одновременно и независимо от него академик М. А. Марков, в нашей части Вселенной сравнительно редки. ГЗидимо, они — назовем их в честь выдающегося ученого Макса Планка планкеонами — встречаются, как полагали сначала, не чаще, чем один на 10^8 км³ пространства. Они могут существовать и среди твердого вещества, и в жидкости, и в межпланетном пространстве. Их можно обнаружить и в далеком космосе, и в центре земного шара... Сегодня можно предположить, что планкеонов значительно больше. Но об этом поговорим позже.

Трудно сейчас сказать что-либо даже сугубо предположительное о возможности практического применения планкеонов, если они будут обнаружены. Но надо помнить, что в их сверхминиатюрных размерах природа сконцентрировала в сверхплотном виде колоссальные количества энергии, несравнимо большие энергии ядерного деления и термоядерного синтеза.

Как мы уже говорили, учеными установлено, что нуклоны имеют сложное строение. Внешние их слои значительно менее плотны, чем внутренние.

Это наводит на мысль; нельзя ли предположить, что основой элементарной частицы является планкеон? Далее мы обоснуем эту гипотезу.

Планкеоны можно считать почти накрепко законсервированными, хорошо сохранившимися образцами частиц материи «своего времени». Но увы, познакомиться с ними подробнее не удастся. Представим, что очень старый и достаточно массивный планкеон удалось обнаружить и разбить сковывающие его цепи критического радиуса. Освобожденная материя планкеона тут же предстанет перед нашими взорами в виде современных элементарных частиц, квантов излучения и т. д..

Суть в том, что, видимо, в сегодняшней Вселенной с ее сегодняшним «фоном условий», с ее сегодняшней средней плотностью материи и «давлением», элементарные частицы другими и быть не могут. Так же, как в далекие времена, при другом «фоне» и плотности материи, видимо, не могли существовать элементарные частицы такими, какими мы их



знаем сегодня... Юная Вселенная не была похожа на нашу сегодняшнюю «пожилую», и сегодняшняя не будет похожа на ту, дряхлеющую, время которой настанет через несколько десятков миллиардов земных лет...

...Рассказывают, что однажды ученые вынуждены были вскрыть гроб одной из русских царевен, умершей во времена Ивана Грозного. Лаборанты осторожно подняли крышку, луч света проник под нее, и исследователи замерли в восторге. Перед ними сияло дивной красотой совершенно не тронутое тлением девичье лицо. Яркий румянец пылал на щеках, алым рубином горели губы, словно бы трепетали длинные копыта ресниц стыдливо прикрывшихся глаз... Кто-то из ученых не удержался и вскрикнул... И мгновенно все пропало! Словно ветром сдуло призрак прекрасной царевны: перед учеными предстал ощеренный череп с черными провалами пустых глазниц. Первое же сотрясение воздуха, вызванное восклицанием, превратило в пыль маску из белил и румян, которыми было покрыто лицо царевны и которые нетленным хранили несколько веков ее облик.

Так же разрушится облик прошлого, законсервированный в планксонах, при первой встрече с «фоном», с условиями сегодняшней Вселенной.

Постепенно менялся «фон» Вселенной. Изменялись и элементарные частицы. Но время было не властно над «старыми» планксонами, для которых, «с их точки зрения», оно остановилось, его бега как бы не существует. В глубинах своих замкнутых тяготенных капсул они, может быть, и хранят свою первоначальную красоту, но освобожденные мгновенно «постареют» до того уровня «старости», который достигнут всеми частицами Вселенной. Не это ли квазары? Академик М. А. Марков высказал предположение, что эти частицы могут являться кварками и назвал их максимонами.

Как мы уже говорили, первоначально предполагалось, что один планксон содержится в объеме 10^8 км³. Легко подсчитать, зная диаметр Вселенной (10^{28} см), что в ней должно находиться около 10^{61} планксенов. Дальнейшее развитие теории привело к тому, что число планксенов должно быть порядка 10^{81} . Идеально замкнутым планксон быть не может, поскольку снаружи он подвергается воздействию внешнего гравитационного поля (и других полей). Это заставляет планксон периодически то открываться, то закрываться, при этом наружу выходит и затем «втягивается» обратно небольшая часть его энергии. Вычисления показывают, что эта энергия соответствует как раз энергии элементарных частиц. Во время каждого этого процесса — названием его флуктуа-

цией планкеона — средняя плотность энергии Метагалактики будет убывать (ведь она расширяется), поэтому какая-то часть энергии планкеона не будет «втянута» обратно («давление» снаружи стало меньше) и необратимо уйдет во внешнее пространство — это и есть гравитон, о котором мы будем говорить дальше.

Теория показывает, что размеры планкеона совпадают с его гравитационным радиусом и поэтому планкеоны в идеале являются как бы микроскопическими «вселенными» Эйнштейна, статическими и замкнутыми, но конечными по массе и объему.

Произведение массы планкеона на его размеры и скорость света равно постоянной Планка. Поэтому планкеон — гравитационно-квантовая частица. Он является как бы тяжелым гравитоном, реализующим основные кванты пространства — времени.

Значение планкеонов в жизни Вселенной очень велико. Мы еще будем говорить об этом подробнее, а сейчас отметим одно удивительное обстоятельство.

В свое время известные ученые Хойл, Йордан и другие (далее мы еще будем говорить о них), развивая идею Дирака, дерзнувшего усомниться в неизблемости мировых констант, пришли к выводу: в нашей Вселенной должно происходить постоянное увеличение общего количества числа частиц, т. е. материя должна как бы «твориться» из «ничего». Но существует закон сохранения материи — фундаментальнейший закон Вселенной, и от него отказываться, конечно, нельзя. Таким образом, исследование названных ученых зашли в тупик. Гипотеза планкеонов позволяет найти выход из этого тупика.

Откуда берутся в пространстве нашей Вселенной планкеоны? Часть из них осталась с далеких времен, когда родилось все вещество Вселенной. Но они могут возникать и сейчас. Правда, для этого должны быть соответствующие условия в пространстве, скажем, в гравитационном поле. Оно должно уплотниться до такой степени, чтобы собственные силы притяжения сжатой материи «перевалили» через гравитационный радиус и смогли прочно удерживать сжатое их цепями вещество. А такие условия обязательно, хотя и очень редко, возникают из-за неизбежных неравномерностей, флуктуации гравитационного поля. Значит, оно способно породить планкеоны.

Таким образом, если у Хойла материя творилась как бы из ничего, то у нас материя — новые частицы — возникает как бы из гравитационного поля.

Производя подсчеты, мы приходим к поистине удивительному результату. В результате взаимодействия планкеев с обычными частицами в каждом кубическом сантиметре Вселенной в секунду образуется 10^{45} г нового вещества — обычных элементарных частиц. Пусть вас не смущает ничтожность, неуловимость этого количества: его как раз столько, сколько и было необходимо Хойлу и Иордану для того, чтобы объяснить закон Дирака: число частиц во Вселенной пропорционально квадрату времени ее жизни. Но при этом энергия частиц убывает обратно пропорционально их числу, так что выполняется закон сохранения энергии.

Материя порождает гравитационное поле, тратит часть своей энергии на его создание, и эта энергия затем возвращается опять на создание материи. Круговорот этот необратим. Это даже не круговорот, а как бы спиральное развитие. Метагалактика расширяется, ее объем увеличивается, плотность энергии падает, а число частиц разных видов и обычных гравитонов возрастает. Гравитоны, взаимодействуя с нуклонами и лептонами, порождают частицы меньшей массы, чем те, из которых они сами образовались, но зато в большем количестве. Новые частицы порождают более «слабые» гравитоны. В гравитационном поле происходят новые флуктуации, в результате которых образуются планкеевы, содержащие меньше материи. Они «раскрывшись», породят менее энергетически сильные нуклоны и лептоны.



Одно совсем короткое замечание.

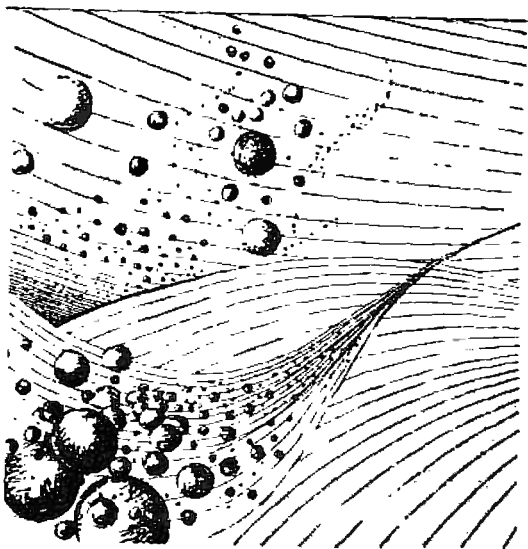
Гипотеза о существовании планкеев противоречит точке зрения Эйнштейна, Фридмана и других, считавших нашу Вселенную единственной и уникальной. Многих физиков и сегодня раздражает сама постановка вопроса о том, что за границами эйнштейновской или фридмановской вселенной может быть еще что-нибудь. Они и ныне считают нашу замкнутую Вселенную единственно существующей. Саму постановку вопроса о том, что же лежит за границами Вселенной, они объявляют антинаучной и бессмысленной.

Но вот возникли планкеевы. Это ведь тоже эйнштейновские вселенные... Так почему нельзя представить в бесконечной вселенной бесконечное множество таких замкнутых вселенных, как наша Вселенная? И не только таких, но и бесконечно разнообразных? Замкнутых, разомкнутых, расширяющихся, сжимающихся и так далее. Эти вселенные могут взаимодействовать между собой, как и планкеевы...

5.



СВОЙСТВА ТЯГОТЕНИЯ



Строгий читатель может упрекнуть нас, авторов: обещали поведи рассказ о силе всемирного тяготения, но вот уже сколько страниц речь идет о строении Вселенной, об элементарных частицах, а о тяготении — ни звука. Но пусть читатель нас простит. Не по рассеянности, а по необходимости оставили мы на время разговор о гравитации. Многие теории и гипотезы, с которыми мы познакомили вас, были сформулированы и высказаны уже после появления общей теории относительности. Родилась космология, раздвинулись границы Вселенной, появилась астрономия высоких энергий, ученые открыли нейтрино, античастицы, узнали о возможности существования планкееонов, но к теории тяготения Эйнштейна мало что удалось добавить. И по сей день все те вопросы, касающиеся гравитации, на которые не смог дать ответ Эйнштейн, стоят перед наукой, и по сей день сила гравитации остается таинственной, необъяснимой...

Однако учение о гравитации не стояло на месте последние полвека. Уточнялась теория, развивались ювелирной точности экспериментальные методы. И для того понадобились нам предыдущие страницы, чтобы полнее рассказать: что же известно о гравитации ученым сегодня.

МЕЖДУ НАУКОЙ И ФАНТАСТИКОЙ

Взгляните еще раз на формулу закона Ньютона: она весьма похожа на формулу закона Кулона для взаимодействия электростатических зарядов, не правда ли? Но разница есть: электростатические разноименные заряды притягиваются, а одноименные — отталкиваются. Так обстоит дело с электричеством. И с магнетизмом — то же самое. Вот только гравитация имеет в нашем мире один знак. Все тела, все массы притягиваются, а разноименных масс нет.

У американского фантаста Эдмона Гамильтона есть научно-фантастическая повесть «Сокровище громовой луны». Герои повести, перешагнув через тысячи опасностей, преодолев бесчисленные препятствия, ищут и находят удивительное вещество «левиум», обладающее отрицательным притяжением. Конечно, такое вещество не могло задержаться в Солнечной системе и было миллиарды лет назад выброшено за ее пределы могучими силами Солнца. Лишь на одном из спутников Урана, на Обероне, остались его осколки, доставшиеся героям повести — безработным пилотам космических кораблей.

Мы назвали здесь эту повесть научно-фантастической.

Но ведь если существование левнума противоречит законам природы, то эта повесть теряет приставку «научно», она становится просто фантастической. А кто из ученых может ответить на вопрос: возможно ли существование левнума — вещества с отрицательным гравитационным полем? Никто!

Вспомните знаменитый роман Герберта Уэллса «Первые люди на Луне». Его герой создает волшебное вещество — кейворит, не пропускающее тяготение и не подверженное ему, вещество, которое не подвластно самой могучей силе природы. Изобретатель создает космический летательный аппарат из этого вещества. А для того чтобы направиться к нужной цели, он просто открывает кейворитовую штору на иллюминаторе, в который видно необходимое ему небесное тело. Притяжение этого тела, приложенное к вещам, находящимся внутри аппарата, и обеспечивает правильный курс сквозь космическую бездну.

Оставим в стороне некоторую наивность этой книги, протитательную автору, написавшему ее семь десятков лет назад. Попробуем ответить на главный вопрос: возможно ли существование безразличного к полю тяготения вещества? И на этот вопрос с самого дня появления романа и до сегодняшнего дня нет пока у ученых ответа.

Можно ли уменьшить, увеличить, сконцентрировать поле тяготения, как концентрируем мы различными линзами электромагнитное поле? Станет ли служить гравитационное поле человеку? Научится ли он управлять им?

Ученые сидели в лабораториях, спускались в глубокие шахты, подвергали гравитационное поле действию гигантского электромагнитного поля, пытались заслониться от этой неподатливой силы тяжести. И занимались этим в течение многих десятилетий, во многих странах. За это время было вскрыто атомное ядро и изучен бесконечно разнообразный мир элементарных частиц. За это время были открыты и поставлены на службу человеку радиоволны. За это время человек вышел в космическое пространство и прощупал своими приборами Луну, Венеру и Марс. Но гравитационное поле не выдало ни одной из своих тайн!

Дадим очень краткий обзор некоторых работ. Увы! Пока трудно говорить о положительном их результате.

Еще в прошлом веке, в годы его последнего десятилетия, англичане Аустин и Твинг пытались выяснить, как влияет та или иная среда на гравитационное взаимодействие. Они подвесили к нити чрезвычайно точных, изобретенных Кавендишем крутильных весов груз. Затем пытались заслонить его экранами из различных веществ. Эти опыты были на

пределе точности того времени. И конечно, они не дали никаких положительных результатов...

В 1904 г. немецкий ученый Лаагер пытался заслонить от действия гравитации серебряный шар, покрыв его слоем свинца. Подобные опыты ставили и его соотечественники: в 1905 г. — Клайпер, в 1908 г. — Эризман. Увы! И им ничего не удалось добиться.

В 1905 г. английский физик Джон Пойнтинг, известнейший своими работами о переносе энергии в электромагнитном поле, а также точнейшими экспериментами по определению гравитационной постоянной и средней плотности Земли, поставил серию опытов с целью выяснить, как влияет на гравитационное поле изменение температуры притягиваемого тела. Он взял массивный стальной цилиндр по уравновесил его на точнейших весах. Затем с помощью дополнительных хитроумных устройств изменял его температуру. Диапазон изменений был достаточно широк — от температуры жидкого воздуха до кипения воды...

Результаты? Результаты снова оказались отрицательными. В пределах точности опытов никаких изменений веса цилиндра обнаружено не было.

Такие же опыты и с аналогичными результатами провел в 1922 г. известный английский метеоролог Уильям Шоу.

В 1924 г. специалисты Национального бюро стандартов в США пытались выяснить, зависит ли сила притяжения Землей кристаллов от ориентации их осей относительно гравитационного поля.

Результаты — отрицательные.

Можно еще и еще продолжать печальный список неудачников. Только почему же неудачников? Ведь говорят, что и отрицательный результат полезен для науки... Только как бывает горько после многих лет неистового труда, изобретательности, высочайшего сверхьювелирного мастерства получить этот «полезный для науки» отрицательный результат! Увы, он так часто доставался в удел тем, кто занимался гравитацией...

Но настала пора рассказать и о «положительном» результате опытов по гравитации.

Осуществил эти опыты итальянский исследователь Э. Майорана. Первые сообщения о них он опубликовал в 1919 г., последний опыт подготовил, но не довел до конца в 1930 г.

Майорана поставил опыты, которые должны были четко ответить на вопрос, можно ли заслониться от поля тяготения Земли, ослабевает ли оно, проходя сквозь экраны.

Он построил чрезвычайно точную и довольно громоздкую установку. О ее характере может дать представление такая деталь: шкала, на которую падал зайчик от зеркала весов, находилась от них на расстоянии двенадцати метров. И точность измерения достигала тысячной доли миллиграмма. Комар, который, пролетая, задел бы испытываемые массы, вызвал бы буквально возмущение всей системы. Гравитационное поле Земли Майорана пытался заслонить толстым слоем ртути.

Надо сразу сказать, что опыты были не только тщательно подготовлены, но и тщательно проведены. Ученый принял все меры к тому, чтобы избежать ошибок или точно рассчитать те из них, которые неизбежны. Он учел и деформацию сосуда под тяжестью ртути, электростатические и магнитные силы, возмущения теплового характера... И перед специалистами всего мира появился удивительный график — результаты эксперимента. На клетчатой бумаге две почти точно параллельные линии. Оказывается, отгороженный от гравитационного поля Земли свинцовый шар кажется легче! Значит...

Майорана провел новый опыт. На этот раз заслоняла земное поле тяготения десятитонная глыба свинца. Снова длительные расчеты, учет всех возможных «возмущений» — и итог, который очень хорошо согласовывался с результатами первого опыта... Так же согласовывались друг с другом и его последующие опыты...

Однако результаты всех этих опытов были подвергнуты критике Артуром Эддингтоном и Расселом. Полученные Майорана результаты они использовали для расчета величины приливной волны в океане. Истинная величина приливов не совпадала с расчетной. И опыты Майорана оказались незаслуженно забытыми. Впрочем, сам Майорана, статьи которого по вопросам гравитации появлялись еще в конце пятидесятых годов, не отказался от полученных результатов, а его оппоненты не поставили под сомнение их точность...

А в 1954 г. мир облетела весть о «бунте маятника» в подвале лаборатории французского профессора Мориса Алле. Произошло это 30 июня. В этот день Франция оказалась в зоне полного солнечного затмения, и азимут плоскости колебания этого маятника внезапно возрос на пять градусов. За двадцать минут до максимума затмения отклонение достигло пятнадцати градусов, а затем начало быстро уменьшаться... «Не экранирующее ли действие Луны породило эту силу?» — первым задал вопрос сам Алле.

Действительно, сама природа, и притом достаточно часто,

ставят гигантский экран — Луну — на пути гравитационного поля Солнца. Почему бы не воспользоваться ее услугами?

Исследователи гравитации, не отставая от астрономов, начали ездить «за солнцем» в места, где наблюдается его полное затмение. Р. Томашек на Шетландских островах пытался заметить изменения вертикальной составляющей силы земного притяжения. Несмотря на отличную точность приборов, результатов он не достиг.

В 1958 г. полоса полного солнечного затмения прошла через Японские острова. И там провели соответствующие наблюдения и измерения. Безрезультатно.

15 февраля 1961 г. полное солнечное затмение происходило на значительной части территории нашей страны. Результаты наблюдений оказались весьма пестрыми. В ряде случаев приборы не отметили никаких изменений. В других они показали увеличение силы тяжести, в третьих — уменьшение!..

И все-таки нельзя отмахиваться ни от опытов Майорана, ни от «взбесившегося» маятника Алле, ни от этих противоречивых результатов. Поскольку о свойствах гравитации, как можно легко представить, прочитав эту небольшую главу, практически ничего не известно, трудно ожидать, чтобы эти ее свойства не оказались на первый взгляд неожиданными и противоречивыми. И вполне возможно, что, толкнув раз маятник Алле, она не коснется его во второй раз, хотя будет казаться, что все условия первого опыта соблюдены. Вполне возможно, что, проявив себя увеличением силы тяжести в пункте А, она уменьшит эту силу в пункте Б, хотя на первый взгляд все условия идентичны!..

КВАНТЫ ГРАВИТАЦИИ

Одна из основных физических теорий нашего века — это квантовая теория электромагнитного поля.

Вы знаете, что наряду с волновыми свойствами электромагнитное поле обладает свойствами квантовыми — то есть имеются некие «частицы» поля, называемые квантами. Кванты проявляют свою двойственную природу, так называемый дуализм, тем, что в некоторых случаях они ведут себя подобно частицам, в других же — подобно волне. А не существуют ли по аналогии с квантами электромагнитного поля и кванты гравитационного? Такие частицы опытным путем сегодня не обнаружены, но, если они существуют, это позволит построить квантовую теорию тяготения.

Гипотетические частицы, «кванты» гравитационного поля, получили название гравитонов. Ввести их можно так.

Условимся, что гравитоны самопроизвольно испускаются всеми телами. Допустим, что интенсивность излучения гравитонов тем больше, чем выше «ядерная температура» — запас энергии внутри ядра, так же, как интенсивность излучения квантов света (светимость тела) тем больше, чем выше его температура. Однако зависимость энергии излучения гравитонов от внутриядерной температуры должна быть, по-видимому, очень слабой.

Поскольку все элементарные частицы, даже в нулевом, невозбужденном состоянии, совершают пульсации, колебания с частотой порядка 10^{23} — 10^{24} Гц, и эти колебания происходят не в пустоте, а в поле, т. е. в среде с противодействием, то можно предположить, что за каждую пульсацию частица отдает ничтожно малую порцию энергии в окружающую среду.

Вещественный эквивалент этой энергии мы и назовем гравитоном. Под вещественным эквивалентом понимаем энергию, деленную на квадрат скорости света. Далее следует предположить, что число излученных гравитонов, т. е. потерянная энергия, при заданной степени возбуждения пропорционально массе (энергии) частицы, которая гравитоны излучает.

Представим себе такую модель. Две трубки, открытые с обоих концов, установлены так, что отверстия их находятся на некотором расстоянии друг от друга. В трубках горит взрывчатое вещество, и газы — продукты горения — устремляются в отверстия обеих трубок.

На первый взгляд кажется, что трубки будут отталкиваться друг от друга струями газов. Однако происходит обратное — трубки сближаются. Дело в том, что между ними возникает область повышенного давления, истечение в нее уменьшается, и реактивная сила струй, устремившихся в противоположные отверстия, сближает трубки.

Теперь представим себе два тела, излучающих во все стороны гравитоны. Напряженность гравитационного поля между телами будет, конечно, больше, чем по другим направлениям, и излучение гравитонов из обоих тел в сторону этого наиболее напряженного поля будет меньше, чем в другие стороны. Реактивное действие гравитонов, выбрасываемых в противоположных направлениях, и толкает тела друг к другу.

В нашем опыте с трубками помимо реактивных сил действовала расталкивающая сила повышенного давления меж-

ду сближающимися отверстиями. Такая же сила отталкивания поля существует и в случае притяжения двух тел друг к другу. Но только эта сила, как показывают расчеты, неизмеримо меньше сил притяжения. Однако, если представить себе вещество очень большой плотности, порядка 10^{65} г/см³, то напряженность и давление гравитационного поля вокруг таких тел будут столь велики, что силы отталкивания станут соизмеримы с силами притяжения. А вещество большей плотности представить себе уже невозможно: оно будет рассыпаться и куски его будут не притягиваться, а отталкиваться друг от друга. Мы скажем ниже, что плотность порядка 10^{65} г/см³ — это плотность планкеонов.

Поскольку поле тяготения обладает энергией, а значит, и массой, тела, испуская гравитоны, теряют массу. В свою очередь, как впервые теоретически предсказал профессор Д. Д. Иваненко, можно полагать, что два гравитона, сталкиваясь, могут образовать пару частиц, например электрон и позитрон, которые в дальнейшем могут превращаться в гравитоны. Однако для того, чтобы два гравитона породили при столкновении две частицы или, наоборот, чтобы при взаимодействии частиц увеличилось число гравитонов, необходимы огромные энергии, недостижимые даже в космических лучах. Поэтому подобные процессы мало вероятны. Процесс самопроизвольного излучения гравитонов значительно более вероятен.

Поскольку каждый гравитон уносит с собой часть массы породившей его элементарной частицы, можно, зная энергию гравитонов, вычислить и время, в течение которого масса каждой элементарной частицы уменьшится хотя бы наполовину. Другими словами, можно вычислить период полураспада вещества, т. е. период превращения его в гравитационное поле.

Как показывают расчеты, масса гравитона ничтожно мала — около 10^{-64} г. Поскольку масса протона $1,67 \cdot 10^{-24}$ г, то она уменьшится наполовину за несколько десятков миллиардов лет. Это и будет период полураспада протона.

Условный радиус гравитона, если считать, что его плотность соответствует плотности протона, также очень мал: он равен приблизительно $2 \cdot 10^{-27}$ см. Для сравнения напомним, что радиус протона $1,5 \cdot 10^{-13}$ см.

Сегодня ученые убедились, что на интенсивность распада ядер влияет буквально все: и то, в каком химическом окружении находится распадающееся ядро, и то, какие магнитные и гравитационные поля его окружают, и температура, и давление. Очевидно, и распад элементарных частиц, вы-

брос ими гравитонов, тоже должен быть связан со многими другими физическими явлениями, его также нельзя рассматривать в отрыве от них...

По значениям массы и объема гравитоны могут быть признаны новым этажом в строении материи — некими субэлементарными «кирпичиками», составляющими следующий класс частиц вещества. Они так же относятся к элементарным частицам со всеми их необычайными превращениями и свойствами, как элементарные частицы относятся к атому.

• • •

Итак, одна сторона возможной аналогии между электромагнитным и гравитационным полями нами рассмотрена: мы ввели гипотетические кванты гравитационного поля — гравитоны. Но для полноты аналогии не хватает рассмотрение «второй стороны медали» — волновых свойств гравитации. Им и будет посвящена следующая глава.

ГРАВИТАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ

Страницы многих физических (и не только) журналов в 1969 г. обошло поистине сенсационное сообщение: гравитационные волны, существование которых предсказал Эйнштейн в 1916 г., наконец обнаружены. Известие это пришло из США от группы экспериментаторов, руководил которой физик Дж. Вебер. В сообщении говорилось, что с помощью специальных гравитационных антенн группе удалось зарегистрировать всплеск гравитационного излучения, пришедшего откуда-то из центра Галактики.

Само существование волн гравитации является прямым следствием уравнений ОТО. Условием того, что тело излучает волны, является изменение массы, точно так же как изменение электрического заряда приводит к возникновению электромагнитного поля. Но, заметит читатель, что ж сенсационного тогда усмотрели ученые в сообщении Вебера? И почему оно пришло так поздно, с опозданием больше чем на полвека?

Дело в том, что интенсивность гравитационного излучения оказалась очень малой. В принципе, источником гравитационного излучения служит и электрон в атоме и вращающийся стержень. Но нечего и думать при современном уровне чувствительности аппаратуры регистрировать гравитационное излучение от таких объектов. Впрочем, попытки

создания в лабораторных условиях генератора и приемника гравитационных волн тем не менее предпринимались. Сам Вебер также начал с создания именно таких установок. Разумеется, на этом пути, как и предсказывала теория, экспериментаторов постигла неудача.

В то же время прогресс астрофизики привел к тому, что были открыты многие объекты, о существовании которых еще недавно никто не подозревал. Были найдены двойные и тройные звездные системы, компоненты которых обладают большими массами, и другие космические тела с достаточно быстро изменяющимися массами. Возникла идея: если мощность гравитационных волн настолько мала, что генерировать и детектировать их в лаборатории невозможно, то не попытаться ли принять гравитационное излучение из космоса?

Большинство теоретиков склонялось к тому, что даже в случае достаточно мощного излучения до Земли дойдет столь малая его часть, что чувствительности приборов и здесь не хватит для его обнаружения. Но были и оптимисты. Они сначала предлагали «прослушать» гравитационным приемником наше Солнце, затем, в случае неудачи, настроить аппаратуру и ждать какого-нибудь космического катаклизма — взрыва сверхновой звезды, например, — который производит мощную вспышку гравитационного излучения.

Но легко сформулировать такую задачу, используя готовую теорию. Гораздо труднее практически подступить к ее решению: ведь создание гравитационных антенн — дело совершенно новое. Как строить такую антенну? Какие датчики применить? И вообще — как она должна выглядеть?

Практически первым экспериментатором, принявшимися за дело, и был Вебер. Идея его антенны, которая впоследствии получила название антенны первого поколения, была такой.

Возьмем огромную тяжелую болванку и разместим на ней очень чувствительные датчики, например пьезоэлектрические, в которых малая деформация вызывает появление электрического тока. Тогда, по идее Вебера, гравитационное излучение, действующее на тело антенны, в разных ее точках вызовет разное смещение поверхности. Главное, чтобы тело было протяженным. Но этой идее не суждено было реализоваться: такая антенна была бы слишком грубой. Поэтому было решено взять не одну, а две болванки и далеко, на много километров, разнести их. Тогда, по мысли экспериментаторов, роль протяженного тела выполнит сама Земля, болванки станут лишь передавать ее деформацию датчикам.

Надо сказать, что работы по созданию такой антенны велись достаточно долго и многие ученые к ее возможностям относились весьма скептически.

Тем более сенсационным было сообщение об удаче.

Разумеется, во многих лабораториях различных стран экспериментаторы принялись за проверку веберовских экспериментов. Были созданы антенны, такие же как у Вебера, и другие, несколько отличающиеся конструкцией, хотя и использующие его идеи. Например, в нашей стране проблемой регистрации космического гравитационного излучения стала заниматься группа физиков в Московском университете под руководством профессора В. Б. Брагинского. Принцип Вебера был сохранен в антенне Брагинского, но вместо пьезодатчиков были использованы ювелирно выполненные и чутко отзывающиеся на любой сигнал миниатюрные конденсаторы. По всем расчетам чувствительность аппаратуры советских физиков была намного выше. Одна антенна разместились в подвале МГУ, другая — за городом. В 1971—1972 гг. в Москве были предприняты две серии экспериментов. Но антенны молчали. Из-за рубежа приходили сообщения, что и другим группам не удалось повторить веберовский эксперимент. Большинство ученых стали склоняться к мысли, что вместо всплеска гравитационного космического излучения Вебер принял какие-то помехи земного происхождения. В первоначальные расчеты вносились новые и новые теоретические коррективы. Становилось ясно: скептики на этот раз были правы. Чувствительность аппаратуры необходимо повысить по крайней мере на два порядка, только в этом случае можно надеяться на успех.

Но несмотря на то, что результаты Вебера многими были признаны ошибочными, свою роль работы американского ученого несомненно сыграли. Экспериментаторы получили толчок и усилиями многих ученых сегодня создаются гравитационные антенны второго поколения.

Для того чтобы повысить чувствительность аппаратуры, надо добиться снижения так называемых броуновских шумов в антенне, т. е. снижения уровня фона. Первый путь в этом направлении — это понижение температуры антенны. Именно таким образом решили действовать физики в Стэнфорде, в США, или к примеру, в лаборатории имени Маркопи в Италии. В этих экспериментах массивные, до пяти тонн, болванки физики пытаются «заморозить» до тысячных долей градуса Кельвина. Это, конечно, трудная техническая задача, требующая и сложной дополнительной аппаратуры и больших затрат.

Группа Брагинского в Москве решила «схитрить». Их метод тоже включает «заморозку», но лишь до 2°К. Потери в чувствительности в их антенне будут восполнены за счет выбора материала. Так, в экспериментах использовалась маленькая антенна, всего лишь двухкилограммовая, — но выполненная из сапфира. Дело в том, что среди многих возможных материалов именно сапфир обладает очень выгодными для данных экспериментов свойствами...

Что же даст науке обнаружение гравитационных волн?

Первое, о чем уже сегодня много пишут, — это рождение гравитационной астрономии.

Сейчас на астрофизическом небосклоне взошло так много таинственных объектов, что сама возможность получения принципиально нового канала информации о космосе представляется исключительно важной. Ведь гравитационная астрономия, если она родится, ответит, скажем, на вопросы, связанные со сверхзвездами и ядрами галактик, скорее всего поможет обнаружить «черные дыры». Это если говорить строго.

Если же на эту тему фантазировать, то перспективы откроются поистине сказочные. Во-первых, гравитационные волны, точно так же как и электромагнитные, смогут переносить информацию, т. е. появится новый вид связи. Во-вторых, может статься, с помощью каких-то неизвестных нам сейчас процессов можно будет использовать энергию гравитации. И, наконец, (мы будем еще говорить об этом) нельзя исключить возможность того, что, если мы, земляне, не одиноки в Галактике, то мы живем, как глухие. Наши братья по разуму общаются с помощью гравитационной связи, в то время как мы пользуемся «допотопной» радиосвязью. И именно этим объясняется отсутствие «космического чуда» — сигналов других цивилизаций... Впрочем, это очень далекие фантазии. Так или иначе, сегодня мы с вами свидетели очередного поединка ученых с гравитацией. Может быть, нам посчастливится узнать исход этого поединка,ждавших гравитационных антенн следующих поколений.

ПОСТОЯННА ЛИ ГРАВИТАЦИОННАЯ ПОСТОЯННАЯ?

Что за странный вопрос! — вероятно, воскликнете вы. Потому она и называется постоянной, что она постоянна.

Однако это вопрос отнюдь не праздный. И задать его стоит не только по отношению к гравитационной постоянной,

но и по отношению к другим постоянным величинам. Дело здесь вот в чем...

Французский математик Анри Пуанкаре, по-видимому, первый в истории науки задался весьма серьезным вопросом, вечны ли законы природы?

Известно, что погруженное в жидкость тело испытывает выталкивающую силу, равную весу жидкости в объеме этого тела. Ну, а всегда ли так было и всегда ли так будет? Не окажется ли по прошествии достаточно большого времени, что тело будет испытывать выталкивающую силу, равную половине веса вытесненной жидкости? И не было ли времени, когда эта сила равнялась удвоенному весу жидкости?

Пуанкаре первым и ответил на поставленный им самим вопрос. Он считал, что общие законы природы вечны и неизменны, а могут изменяться константы, входящие в математические формулы, описывающие эти законы.

В науке используется множество формул, содержащих те или иные константы. Конечно, речь не идет о константах, которые вводятся в формулы в качестве характеристики тех или иных веществ, таких, например, как модуль упругости, удельный вес или коэффициент теплопроводности. Эти константы свои у каждого вещества, хотя, вообще-то говоря, можно ставить вопрос и об их постоянстве для каждого конкретно взятого вещества. Но Пуанкаре имел в виду другие, так называемые мировые константы. Воспомните формулу закона Кулона, по которой можно вычислить взаимодействие двух электрических зарядов. В нее кроме значений зарядов и квадрата расстояния между ними, входит некое таинственное « k ». И от него зависит сила взаимодействия. Увеличится оно по сравнению с сегодняшним его значением — и сразу возрастет сила притяжения разноименных зарядов по сравнению с силой сегодняшнего их притяжения. Уменьшится — и заряды будут притягиваться слабее. Точно такое же рассуждение можно провести и по отношению к закону тяготения Ньютона, формула которого внешне очень напоминает формулу Кулона и тоже содержит некую таинственную величину — постоянную тяготения.

И еще вопрос: а везде ли постоянны эти постоянные?

Можно сразу же возразить: и тот и другой постоянные коэффициенты многократно были получены опытным путем и результаты сверены друг с другом. Все они, в пределах погрешности эксперимента, совпали. Можно ли сомневаться в их «постоянности»?

Да, можно. Прибегнем к такому рассуждению.

Допустим, жители некоей вымышленной планеты живут на идеально ровном плоскогорье. Условия на этой планете таковы, что там нет ни ветров, ни смены времен года. И даже больше: всегда неизменны и температура, и давление воздуха. Ученые академии наук этого плоскогорья, измеряя температуру воды, устанавливают, что она закипает всегда при одном и том же значении. Великолепная, очень удобная в науке, технике и быту постоянная! Они определяют ее в 100 градусов. Выпускают соответствующие градусники и радуются жизни.

Но на другом полушарии планеты имеется иное плоскогорье — тоже очень ровное, но находящееся на другой высоте над уровнем моря. И там давление и температура воздуха идеально постоянны. Но они иные, чем на первом плоскогорье. Измеряя температуру кипения воды, специалисты академии наук этого плоскогорья также устанавливают, что вода кипит всегда при одной и той же температуре, которую они тоже определяют в 100 градусов. И при этом ученые обеих академий считают каждый свою температуру кипения воды мировой константой!

Развитие техники приводит к появлению на планете достаточно мощных судов, для того чтобы жители противоположных материков смогли открыть друг друга. Пропускаем волнующие подробности этого события, которое, скажем, прошло здесь без кровопролитий, истребления народов, гибели культур. Нам интересно другое. На заседаниях академий наук ученые удивляются, почему градусники, перевезенные на противоположные плоскогорья, показывают в одном случае температуру кипящей воды в 120 градусов, в другом 80 градусов? И начинают понимать, что точка кипения воды — не постоянная величина. А за этим следует серия опытов и открытий.

Подъем градусников на первых воздушных шарах в верхние слои атмосферы, изобретение воздушных компрессоров и вакуумных насосов позволяют установить, что причиной заблуждения было постоянство давления воздуха на наших мифических плоскогорьях. Так сказать, постоянство фона, на котором проводились опыты.

Так, может быть, и наша планета — такое же идеально ровное плоскогорье, на котором все измерения кулоновской и ньютонской постоянных дают один и тот же результат? А, может быть, на Марсе эти постоянные имеют уже иные значения? Или, может быть, в планетной системе Дзеты Возничего они абсолютно не похожи на наши? Какие усло-

вия, «давление» какой «атмосферы» создает тот постоянный фон, который обеспечивает и постоянство заряда электрона, и постоянство гравитационной постоянной?

Мы поставили очень много вопросов. Вот главные. Во-первых, постоянны ли константы во времени? Во-вторых, постоянны ли они в пространстве? Добавим к этим вопросам еще один: сколько основных мировых постоянных вообще должно быть в природе? Или, по-другому: сколько должно быть основных физических законов в природе?

Прежде чем отвечать на эти вопросы, познакомимся с теми константами, которые на сегодняшний день считаются основными.

Основными, или фундаментальными сегодня физики считают девять постоянных величин. Вот они: скорость света, постоянная Планка, единица электрического заряда, масса протона, постоянная Ферми для слабых взаимодействий, постоянная тяготения, постоянная Хаббла, средняя плотность вещества во Вселенной и так называемая «космологическая постоянная». С некоторыми из них мы встречались на протяжении нашего рассказа: скорость света нам известна из теории относительности, гравитационная постоянная — из теории тяготения Ньютона, постоянная Хаббла — из теории расширяющейся Вселенной Фридмана. Уже из сравнения этих трех величин видно, как мало они друг на друга похожи. Сходство их лишь в том, что все они могут быть измерены экспериментально, причем на сегодняшний день с существенно различной точностью. Но введены они теоретически в рамках различных теорий, имеют различный физический смысл и разную размерность, т. е. выражаются в разных физических единицах. Две же константы, замыкающие наш список и относящиеся к космологии, сегодня экспериментально вообще измерены быть не могут. Многие расчеты для средней плотности вещества во Вселенной дают величину 10^{-26} г/см³, но она может оказаться совершенно иной, раз в 1000 больше, из-за неучтенной массы гравитонов, «черных дыр», нейтрино, т. е. тех форм материи, которые пока остаются неуловимыми.

Еще «хуже» дело обстоит с «космологической постоянной». О ней, как это ни парадоксально, неизвестно сегодня даже то, отлична ли она от нуля. Зачем же в таком случае говорить о ней, спросите вы? Но дело в том, что по многим соображениям эта константа необходима. В рамках некоторых современных космологических теорий (в частности, теории одного из авторов этой книги К. П. Станюковича), о которых мы будем говорить дальше, эта константа полагается



хоть и ничтожно малой, но отличной от нуля, причем значение ее за время существования Вселенной стало меньше в 10^{80} раз...

Итак, перечисленные константы принято называть фундаментальными. При этом молчаливо предполагается, что другие константы, если они имеются, могут быть выражены через основные. Однако это не совсем так. Сегодня известны еще но крайней мере два кандидата в наш список, характеризующие ядерные взаимодействия, которые выразить через перечисленные константы не удастся. Так что список фундаментальных констант в какой-то мере условен.

А связаны ли константы между собой? Или каждая из них — сама по себе?

В том-то и дело, что из соображений единства мира и взаимосвязанности в природе всех физических законов, с необходимостью все константы должны быть связаны одна с другой и каждая со всеми. Однако пока эти связи неизвестны, как неизвестны связи между основными физическими законами и теориями.

Дело здесь вот в чем. Каждая из фундаментальных констант связана с какой-либо одной конкретной физической теорией. Одна группа констант относится к теориям, описывающим жизнь микромира, другая — к макромиру. Отсутствие мостика между малым и большим — первый камень преткновения на пути построения всеобщей стройной теории, в которой все константы оказались бы связаны. Сейчас многими теоретиками предпринимаются попытки построить квантовую теорию гравитационного поля. В рамках такой теории постоянная Планка, относящаяся к квантовым процессам в микромире, оказалась бы связанной с гравитационной постоянной. Но строго сделать это пока никому не удалось.

Однако есть и иной путь выявления связи между константами — это сравнение их размерностей. И не только размерностей, но и непосредственно их величин. Этот путь был впервые предложен Эддингтоном и, как мы увидим дальше, привел к весьма интересным результатам...

До Эйнштейна Вселенная представлялась ученым бесконечной. В теории Ньютона тяготение распространялось с бесконечно большой скоростью, что позволяло считать все материальные процессы, происходящие во Вселенной, причинно взаимосвязанными. В представлениях Эйнштейна скорость тяготения равна скорости света, т. е. является конечной величиной.

Как мы уже знаем, Вселенная Эйнштейна может быть как конечной, так и бесконечной. Подчеркнем еще раз, что

модель замкнутой в себе Вселенной абсолютно не противоречила ни положениям философии, ни идеям и уравнениям теории относительности.

Беда в том, что статическая модель Эйнштейна противоречит данным наблюдений, согласно которым расстояния между телами во Вселенной непрерывно возрастают, о чем мы уже говорили.

Таким образом, наша Вселенная явно не статическая, а динамическая. В этой динамической Вселенной уравнения Эйнштейна не очень хорошо «работают», о чем мы тоже уже говорили.

Если снова вспомнить идеи Пуанкаре и считать, что различные мировые константы могут изменяться, то можно, несколько изменив закон тяготения и уравнения Эйнштейна, построить модель нестационарной Вселенной, расширяющейся с постоянной скоростью, да еще так, чтобы на какой-то границе скорость расширения была равна скорости света.

Начнем с очень важного и принципиального обстоятельства, на которое указал Дирак. Он сделал попытку установить взаимосвязь между космологией и микромиром.

Как мы уже говорили, согласно расчетам, возраст нашей Вселенной составляет около 10—12 миллиардов лет — примерно 10^{17} секунд.

К сожалению, ни год, ни секунда не являются во Вселенной фундаментальной величиной, во всяком случае, более фундаментальной, чем длина локтя фараона или ступни английского короля для всего населения Земли. Попробуем найти более подходящую, общую для всей Вселенной, единицу измерения времени.

Вспомним цифру, характеризующую микромир, — время так называемых сильных взаимодействий. Оно составляет приблизительно 10^{-23} секунды. Эта величина естественно получается, если поделить размеры элементарных частиц (порядка 10^{-13} см) на скорость света ($3 \cdot 10^{10}$ см/сек). Таким образом, это время, требующееся для того чтобы свет прошел расстояние, равное размеру элементарной частицы.

Дирак предложил эту величину принять за некую условную единицу времени. И другие характерные временные величины, характеризующие те или иные процессы как в микро-, так и в макромире, выражать через эту основную единицу. Это было очень удобно. Ведь время, измеренное в годах, часах, секундах в общем-то, ничего не измеряет, потому что год, час, секунда — это единицы, связанные с очень



частным процессом во Вселенной — с обращением Земли вокруг Солнца или вокруг своей оси. А если принять время сильных взаимодействий за единицу, тогда будет все отнесено к этой, видимо, вполне универсальной величине. А поскольку вся материя состоит из этих частиц, то очевидно, что материальные процессы, выраженные в новых единицах, будут характеризоваться более объективно и универсально для всей Вселенной.

Давайте подсчитаем возраст нашей Вселенной в новых единицах. Мы получим огромную безразмерную величину — порядка 10^{40} .

Запомним это число. Сделаем еще один интересный подсчет. Поскольку наша Вселенная замкнута, то, очевидно, можно рассчитать запас энергии и количество элементарных частиц в ней. Такой подсчет в свое время сделал известный физик и астрофизик Артур Эддингтон (за это ему, кстати, «попало» в свое время от некоторых недалёковидных философов, которые, разводя руками, возмущались: как это можно подсчитывать число частиц во Вселенной, когда она бесконечна?).

Но мы с вами уже знаем: речь идет о подсчете числа частиц в конкретном, конечном образовании. Диаметр нашей Вселенной 10^{28} см. Следовательно, объем Метагалактики приблизительно равен 10^{84} см³. Плотность материи во Вселенной мы тоже — хоть и приблизительно — знаем. Она составляет что-то около 10^{-28} г/см³. Таким образом, масса Вселенной получается порядка 10^{56} г.

Поскольку масса одного нуклона составляет около 10^{-24} г, то очевидно, что число нуклонов во Вселенной порядка 10^{80} .

Сравним два очень больших числа — безразмерное время жизни Вселенной 10^{41} и число частиц нуклонов во Вселенной 10^{80} . Невольно возникает мысль, что число частиц в Метагалактике равно квадрату её безразмерного времени. Эту мысль и высказал Дирак. Напрашивается вывод: раз время изменяется, течет, увеличивается, то, значит, с течением времени должно увеличиваться и число частиц во Вселенной...

Это казалось невероятным и парадоксальным: во Вселенной откуда-то берется материя! Нарушаются не только законы сохранения, но и просто здравый смысл...

Мы уже упоминали о гипотезе Хойла, Бонда и других — ими лет двадцать назад была придумана теория «творения материи» из «ничего». Но из ничего, по-видимому, нельзя получить что-либо? Так, может быть, Дирак поступил не-

сколько легкомысленно, выдав случайное совпадение чисел за закон природы? Что же говорят по этому поводу данные астрономических наблюдений?

А они говорят нам об очень серьезных и важных вещах. Наблюдения внегалактических туманностей и звезд, в них содержащихся, межзвездного вещества и газа показывают, что и в настоящее время образуются новые звезды. Некоторые звездные образования оказались совсем юными. Об их молодости свидетельствовало распределение их по скоростям, их форма и плотность...

И наш известный соотечественник Виктор Амазаспович Амбарцумян, открывший и изучавший эти звездные ассоциации, уже давно пришел к мысли, что не все звезды возникли одновременно и во Вселенной имеются источники образования молодых звезд. Откуда же? Неужели из «ничего»?

Идея творения вещества из «ничего», конечно, не могла рассчитывать на серьезный успех. И ее, по существу, не отстаивали. Но зато возникла другая гипотеза — довольно стройная. В разработке ее принял участие известный немецкий физик П. Йордан. Гипотеза гласила, что во Вселенной существует еще один особый вид материи, особый вид поля, который мы пока не обнаружили. У нас еще просто нет инструментов для наблюдения подобного поля. Между тем энергия этого поля с течением времени, постепенно, монотонно переходит в обычные для нас формы энергии — в энергию и массу элементарных частиц. Это поле часто называют «полем творения».

Принципиально невозможного в существовании какого-либо неизвестного нам поля нет ничего. Но предложенное Йорданом поле творения обладает слишком уж удивительными свойствами. Оно не влияет ни на гравитационные взаимодействия во Вселенной, ни на другие процессы. Оно нейтрально до тех пор, пока не превращается в обычную форму материи. А ведь, согласно теории относительности Эйнштейна, проверенной многочисленными экспериментами, любая форма энергии и материи обладает гравитационными свойствами. Гравитационное поле, гравитация — это универсальные атрибуты, которые должны быть присущи всем формам материи. Поле творения вступило в противоречие с законами физики.

Было выдвинуто очень много разных вариантов «устройства» поля творения, на которых нет смысла останавливаться, поскольку от них теперь сами авторы отказались. Можно добавить: и правильно сделали. Рассмотрим другие объясне-



ния тому, откуда берутся новые элементарные частицы в нашей Вселенной..

Известный американский физик Р. Дикке предположил, что наша Вселенная расширяется не в пустоту, а в среду, уже заполненную элементарными частицами. Тем самым она не то чтобы захватывает эти частицы, которые находятся вне нашей Вселенной, а лучше сказать, что эти частицы вступают во взаимодействие с нашей Вселенной и в процессе расширения нашей Вселенной оказывается в ней. Вот и происходит пополнение нашей Вселенной новыми элементарными частицами, новой «обычной» материей.

Однако, чтобы поддерживать плотность Вселенной постоянной или хотя бы такой, чтобы выполнялся закон Дирака о пропорциональности числа частиц квадрату мирового времени, плотность окружающего фона должна быть очень большой, взаимодействие с ним должно быть невероятно сильным и, конечно, уже замеченным. Оно бы сильно нарушило однородность нашей Вселенной, изменило бы закон красного смещения и так далее. И, наконец, распределение самой плотности «внешнего» вещества должно было бы быть уже заранее «запланировано» по определенному, довольно точно выполняющемуся закону, что очень мало вероятно.

Так как же быть с законом Дирака? Многие ученые считают, что это просто игра чисел, случайное совпадение двух больших величин. Мало ли бывает интересных, но совершенно случайных совпадений!

Попробуем все же продолжить игру в совпадение чисел, характеризующих те или иные мировые законы или процессы, происходящие во Вселенной.

Сравнивая, например, размеры Метагалактики и размеры элементарных частиц, мы опять получаем число порядка 10^{14} ! Сравнивая величину сильного взаимодействия и гравитации, найдем, что и их отношение равно 10^{14} .

Это обстоятельство в свое время привело Дирака к заключению, что гравитационная постоянная должна уменьшаться обратно пропорционально времени жизни Метагалактики. Так возникла впервые мысль о возможности изменения одной из мировых констант.

Но продолжим нашу игру чисел.

Легко подсчитать, что отношение плотности нуклона, которая составляет около 10^{14} г/см³, к плотности Метагалактики тоже равно около 10^{14} .

Введем в рассмотрение так называемый гравитационный радиус элементарной частицы. Мы уже говорили о том, ка-

кое значение имеет этот радиус в проявлении материи. Так вот, отношение радиуса нуклона к гравитационному радиусу тоже порядка 10^4 .

Еще МАКС Планк в свое время составил из размерных констант — гравитационной постоянной, постоянной Планка и скорости света — величины с размерностью длины — порядка 10^{-33} см (*квант пространства*), времени 10^{-43} сек (*квант времени*) и массы 10^{-5} г (*квант массы* — тяжелый гравитон).

Отношение квадрата размеров нуклона к квадрату этой длины будет составлять опять 10^{11} !

Вряд ли можно думать, что это совпадение случайно и не выражает некоторых принципиально важных мировых законов. Наоборот, видимо сама природа этими соотношениями «стучится к нам в окно», обращается к нашему сознанию и заставляет вскрыть эти закономерности, правильно понять их. Зачем же их отвергать? Нужно проделать возможный анализ до конца. Если он приводит к абсурду, его аужно отбросить. Но, может быть, этот анализ приведет к интересным, многообещающим результатам?

Скажем сразу: ни к какому абсурду закон Дирака не приводит. А о том, откуда берется во Вселенной непрерывно поступающее в нее новое вещество, мы расскажем дальше.

Отметим только, что, используя законы сохранения импульса-энергии, заряда, момента количества движения и развивая идеи Дирака — Йордана, один из авторов этой книги получил такие результаты. Скорость света, размеры нуклона (электрона) действительно оказываются постоянными. Гравитационная «постоянная» растет пропорционально радиусу кривизны Метагалактики (времени). Масса элементарных частиц, «постоянная» Планка и квадрат заряда частиц убывают обратно пропорционально квадрату радиуса кривизны. Скорость расширения «границы» Метагалактики равна скорости света. При этом радиус боровской орбиты электрона и так называемая постоянная тонкой структуры оказываются не зависящими от времени. Однако самые последние исследования показали, что и эти величины, хотя и медленно (логарифмически), изменяются, о чем будет сказано ниже.

МЕХАНИЗМ ГРАВИТАЦИИ

Мы несколько раз говорили: частицы «стареют». Ну, а каков же механизм этого старения? Ответ на этот вопрос неизбежно связан с природой тяготения.

Поставьте перед собой па столе свечу. Зажгите ее. Голубовато-алый язычок пламени является источником света. Физик может сказать иначе: свеча порождает электромагнитное поле. Да, это точнее. Но присмотритесь внимательнее: свеча становится все короче. Энергия химических связей молекул стеарина превращается в энергию электромагнитного поля. Она расходуется на поддержание этого поля. И это никого не удивляет.

Почему же должно быть удивительным то, что и для поддержания гравитационного поля требуется непрерывное расходование энергии?

Но откуда она берется, эта энергия? Да конечно же из элементарных частиц! Их масса непрерывно «сгорает», и пламя этого горения «освещает» Вселенную гравитационным полем. Но, конечно, горение элементарных частиц идет значительно медленнее, чем горение свечи. Вряд ли стеаринового цилиндрика хватит на одну ночь. А элементарные частицы уже «пылают» добрый десяток миллиардов лет.

Можно так представить механизм этого гравитационного горения. Мы говорили, что элементарные частицы находятся постоянно в своеобразном колебательном движении — они то расширяются, то сжимаются — пульсируют. Нелепо полагать, что при этом они не испытывают, не преодолевают влияния среды, скажем, того же гравитационного поля. И на это, конечно, расходуется энергия. Она и поддерживает существование поля тяготения.

Как планкеоны, так и нуклоны обладают сложной структурой. В их внешней оболочке постоянно происходят флуктуации энергии, ее перераспределение. Видели вы бушующее при сильном шторме море? Мечутся гигантские волны, складываясь и образуя увенчанные белой пеной черно-зеленые зыбкие башни и темные провалы. С вершин башен ветер срывает клочья пены и уносит их далеко ввысь. Вот такие же «клочки пены» — флуктуации энергии — срываются с поверхности элементарных частиц и улетают в бесконечное пространство.

Это — материальные носители гравитационного поля, его элементарные частицы — гравитоны.

Зная частоту колебаний элементарных частиц, флуктуации их энергий, мы можем подсчитать и массу гравитонов, и величину содержащейся в них энергии, что мы делали уже в соответствующей главе. Гравитон настолько меньше, скажем, электрона, насколько пляшущая в солнечном луче пылинка меньше земного шара. И все же эта пылинка мик-

ромира материальна, и ее вылет из элементарной частицы создает реактивный толчок.

Поскольку каждый гравитон уносит с собой часть массы породившей его элементарной частицы, можно, зная энергию гравитонов, вычислить и время, в течение которого каждая элементарная частица уменьшится хотя бы наполовину. Другими словами, можно вычислить закономерности распада вещества, превращения его в гравитационное поле.

Весьма вероятно, что превращение вещества в гравитоны зависит от ряда физических условий, и в частности, от плотности среды и «температуры» элементарных частиц, составляющих ядро. Под этой температурой физики понимают запас энергии в ядре. По-видимому, при относительно небольшой такой температуре скорость превращения вещества в гравитоны должна быть меньше, чем в обычных условиях. А если тело будет испускать меньше гравитонов, чем обычно, оно будет меньше взаимодействовать с окружающими телами и станет менее весомым. Если же тело будет испускать повышенное число гравитонов, оно станет более тяжелым.

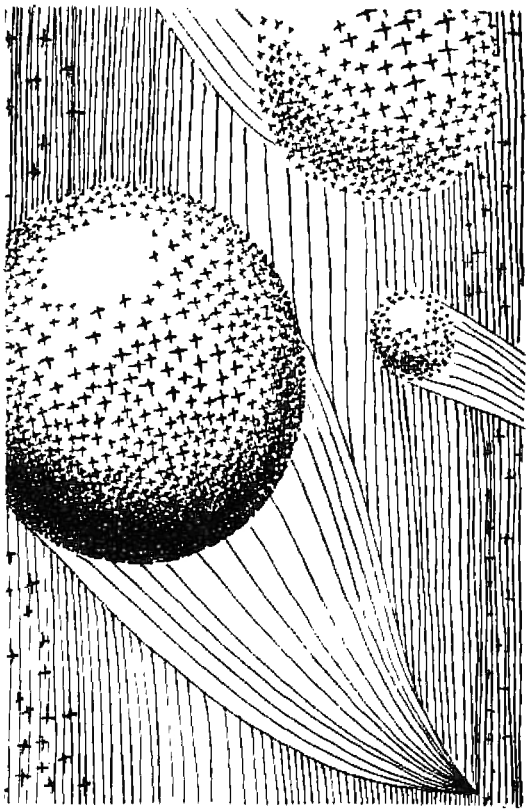
Ну а есть ли возможность проверить экспериментально развиваемую гипотезу? Ведь только подтвержденная опытом, может она стать теорией.

Дело это чрезвычайно сложное, но в принципе возможное.

Представим себе такой опыт. Пусть мы имеем два тела, находящихся недалеко друг от друга. Между ними устанавливается определенный режим тяготения. Вдруг одно из этих тел мы начинаем стремительно удалять от другого. Сигнал об этом процессе донесут до второго тела со скоростью света гравитоны. Вместе с тем по гравитационному полю пойдет волна гравитационного разрежения. Скорость ее движения, как показывают математические расчеты, в 1,7 раза меньше скорости движения гравитонов. И когда эта волна дойдет до второго тела, оно «почувствует», что первое тело начало удаляться.

Как поставить опыт, который сможет подтвердить это положение? Под силу ли он сегодняшней технике эксперимента?

Любопытно было бы изучить и вопрос поглощения гравитонов веществом. Такие опыты уже, как мы знаем, ставились. Но окончательных результатов не получено. Следует продолжать их во время полных солнечных затмений, (когда между Солнцем и Землей окажется массивная «заслонка» — Луна.



Ослабляется ли притяжение к Солнцу предметов, оказавшихся в центре лунной тени, и насколько? Принципно гравитоны должны поглощаться веществом, но насколько оно прозрачно для них, сказать, не поставив опыта, невозможно.

Правда уже сейчас можно предполагать, что будет поглощаться не более 10^{-20} потока гравитонов.

Кстати, новая теория, по-видимому, может дать ответ и на вопрос, почему сила тяжести убывает с расстоянием быстрее, чем это следует из закона Ньютона. Это гравитоны по пути превращаются в другие элементарные частицы. Так может объясняться знаменитый, причинивший столько неприятностей ученым, парадокс Зеелигера.

Новая теория тяготения не стремится заменить собой теорию гравитационного поля Эйнштейна, на которую она в ряде случаев опирается. Но она позволяет более отчетливо представить природу тяготения. В частности, она учитывает силы отталкивания между телами.

И самое последнее в этой главе — о собственных свойствах гравитонов. Каковы они? Являются ли гравитоны только представителями мира элементарных частиц? Если так, то для них рано или поздно должно будет найтись место в системах частиц, разрабатываемых учеными. А может быть, это первые представители нового, совершенно особенного класса частиц, так сказать, субэлементарных, стоящих еще на ступень глубже в строении материи, чем электрон, протон, нейтрон? Но и в том и в другом случае мы убеждены: и гравитон имеет не менее сложное строение, чем названные нами, считавшиеся ранее совсем простыми и неделимыми элементарные частицы.

Развитие теории гравитационного излучения в самое последнее время позволило получить еще один исключительно важный результат. В свое время Дирак предположил, что может медленно (логарифмически) изменяться со временем и так называемая постоянная тонкой структуры, равная отношению квадрата заряда электрона к произведению постоянной Планка на скорость света. Значение постоянной тонкой структуры приблизительно равно $1/137$. Эта величина имеет самое существенное значение в квантовой теории поля, но до сих пор она не могла быть вычислена теоретически.

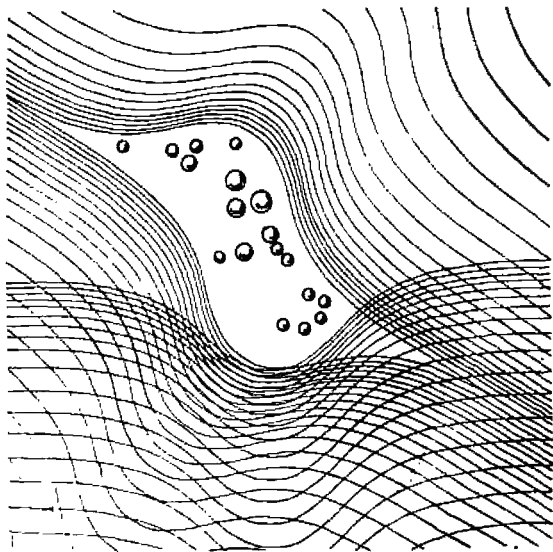
Из изложенной здесь теории планкеонов и гравитонов следует, что существенной величиной теории является отношение / размеров нуклона $r_n = 10^{-13}$ см к размерам планкеона или гравитационных флуктуаций поля (гравитонов)

$L = 10^{-33}$ см. Величина, обратная постоянной тонкой структуры и равная 137, является натуральным логарифмом куба величины I , т. е. $137 \sim \ln I^3 \sim \ln 10^{60}$. Поскольку L меняется с мировым временем, то и величина тонкой структуры, как и предвидел Дирак, меняется обратно пропорционально логарифму мирового времени. Значение этого факта трудно переоценить. Если это со временем подтвердится экспериментально, то окажется, что в Метагалактике могут рождаться новые, более тяжелые элементы. Неустойчивые теперь элементы станут устойчивыми, и изменятся все наши взгляды на происхождение элементов...

6.



НАША ВСЕЛЕННАЯ



Пришла пора и для заключительной главы. Что ж — подведем итоги? Но сперва — оглянемся.

Итак, мы выяснили как и кем была создана теория тяготения в современном ее виде. Видели, как помогла она раздвинуть границы мира, открыть нашу Вселенную, разглядеть в ее глубинах новые, поражающие воображение, будящие фантазию явления и объекты. Наконец, видели, как теория микромира — элементарных частиц, — соединяя свои успехи с теорией тяготения, помогла сформулировать новые гипотезы, раздвинуть пределы мыслимого; обсудили те — весьма многие и важные — вопросы, касающиеся гравитации, на которые не найдены ответы и сегодня...

Попробуем в этой, последней главе окинуть взглядом то, что на сегодняшнем этапе видно в телескопы, подсчитано в кабинетах теоретиков, выросло в спорах. А заодно оглядим те рубяжи, на которые вышла современная физика и астрофизика.

КОСМОЛОГИЯ. ВЗГЛЯД НА СЕГОДНЯ

Однажды известный канадский юморист Стивен Ликок написал:

— Сегодня мы расширяемся, завтра — сжимаемся; сперва мучаемся в искривленном и замкнутом пространстве, потом эту петлю ослабляют и распускают совсем. Так вправе мы спросить — в чем же дело? Где мы находимся?

Действительно, подтвердит и наш читатель, где же мы находимся на сегодняшний день? Как переварить всю ту информацию, которую приносят на Землю из космоса быстрые частицы и электромагнитные волны? Складывается ли, наконец, у ученых более или менее окончательная картина развития нашей Вселенной? Есть ли на сегодня окончательный ответ на космологические вопросы?

Мы должны огорчить тебя, читатель: таких ответов на сегодня нет. Некоторые гипотезы, такие как модель «горячей Вселенной», расширяющейся по Фридману, косвенно подтверждаются большим числом фактов, другие — меньшим. Впрочем, так ли огорчительно это положение? Ведь благодаря ему нам открывается простор для размышлений, ученым — возможности для дальнейших исследований. Ведь будь иначе, на этом свете стало бы так же скучно, как и на том, где если верить шутке физика Бойля, все известно, нет нужды ставить эксперименты, и именно от этого людям **не хочется** умирать.

Даже краткое рассмотрение всех космологических моделей, которые предлагают сегодня астрофизики, было бы в рамках нашей книги невозможно. Остановимся лишь на некоторых из них.

Было ли начало у процесса расширения Вселенной?

Если было, то как обрисовать «портрет» Вселенной в начале? Холодная она была или горячая? Как началось расширение: постепенно или путем взрыва? Если имел место взрыв, то как объяснить удачу модели Фридмана, базировавшейся на изотропности и однородности Вселенной? Если взрыва не было, то почему сегодня в распределении вещества наблюдаются неоднородности: галактики, скопления галактик?

И еще один важный вопрос: как вело себя время вблизи «начала»?

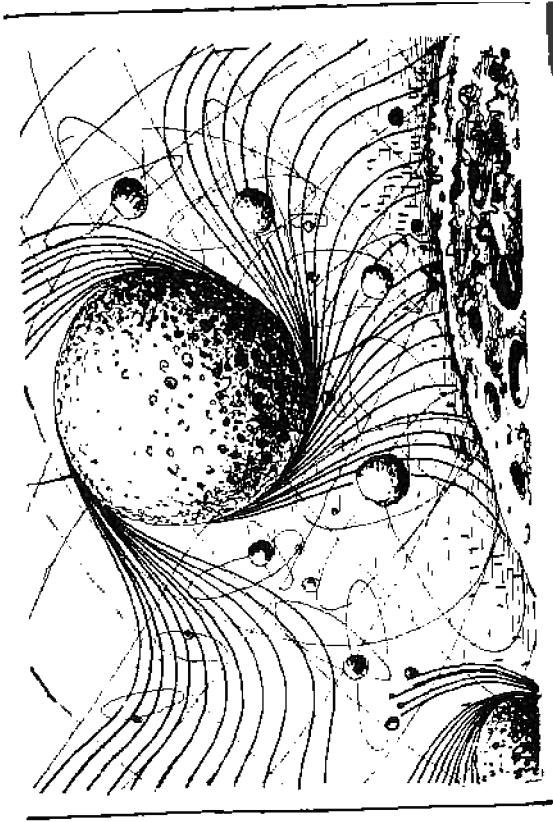
Вот одна из моделей.

«Начало» у нашей Введенной было. Вселенная находилась тогда в сверхжатом состоянии, была сосредоточена в так называемой точке сингулярности, в которой плотность вещества равнялась бесконечности. Вселенная была горячей. Затем последовал «большой взрыв», причем причины взрыва неясны. С тех пор Вселенная расширяется, но изотропно, однородно.

Будет ли она расширяться вечно? На этот вопрос нет ответа, поскольку не определена до сих пор, как мы уже писали, средняя плотность вещества во Вселенной. Даже видимое «классическое» вещество пока не поддается точному учету, не говоря о «неклассических» формах материи: нейтрино, квантах гравитационного и электромагнитного поля. Кроме того, как мы помним, во Вселенной могут прятаться «черные дыры» громадных масс.

Многих астрофизиков не удовлетворяет абстрактная, полученная чисто математически и не наполненная реальным физическим смыслом точка сингулярности. И они правы: в космологии эта точка никак не может служить точкой над «и». Кроме того, область, близкая к «началу», вообще требует особого рассмотрения. Не исключено, что наша физика в этой области не «работает», что вблизи «начала» действуют совсем иные законы, которые не описываются ни в коей мере формулами Эйнштейна. Первым доказательством этого может служить то, что общая теория относительности не учитывает квантовые эффекты, в то время как при приближении к «началу» их, скорее всего, учитывать необходи-





мо. Возможно, само время у «начала» имело дискретный, квантовый характер. Но не исключена и возможность, что все пространственно-временные категории, которыми мы оперируем, вообще при приближении к сингулярности лишены смысла.

Говоря об этом, вспомним кратко теорию советских физиков В. Белинского, И. Халатникова, Е. Лифшица и американца Ч. Мизнера, которые в конце 60-х годов в рамках ОТО нашли новый класс космологических моделей. Согласно этой концепции, Вселенная вблизи «начала» сильно пульсировала, все ее параметры были подвержены частым осцилляциям, причем за конечный отрезок времени от «начала» число этих осцилляции велико.

Так на чем же остановиться? — вправе спросить читатель. Как вы знаете — окончательных ответов нет. Но авторы предлагают вам собственный взгляд на отдельные космологические проблемы. Конечно, их представления основаны и на фактах, уже известных читателю, и на гипотезах, о которых мы не говорили подробно, в том числе на гипотезе одного из авторов К. П. Станюковича.

У НАЧАЛА НАЧАЛ

В предыдущей главе мы выяснили — довольно давно уже известны ученым некоторые замечательные эмпирические соотношения между фундаментальными постоянными, относящимися к космологическим и квантовым явлениям, т. е. к макро- и микромиру. Однако — и это тоже ясно из всего сказанного — эти соотношения не объясняются ни одной из существующих теорий. Сейчас мы постараемся кратко изложить новую космологическую гипотезу, проливающую свет на эту проблему.

Повторим коротко то, что необходимо нам для правильного понимания последующих рассуждений.

Модель Фридмана расширяющейся Вселенной, основанная на уравнениях Эйнштейна, никак не объясняет эти эмпирические соотношения.

Далее, если модель Фридмана верна, то она находится и в противоречии с этими соотношениями, так как из них следует, что с ростом радиуса Вселенной должна расти и полная масса ее. Это, по крайней мере на первый взгляд, не согласуется с законами сохранения. Ведь рост массы мо-



жет быть только следствием пополнения откуда-то вещества в Метагалактике.

Выходы из этих противоречий, как мы говорили, предлагались разные. Одни утверждали, что соотношения, о которых идет речь, справедливы лишь для нашего времени, а ни «до» ни «после» нас с вами они верны не были и не будут. Это несколько фаталистическое объяснение. В самом деле, чем лучше именно наш, краткий отрезок эволюции Вселенной, нежели все другие? Отчего лишь для нашего времени характерны эти чудесные совпадения мировых величин?

Вторая точка зрения, изложенная нами раньше, тоже весьма проста: никакое вещество не «прибавляется» во Вселенной, а дело все в том, что сами константы, входящие в соотношения — гравитационная постоянная и постоянная Планка — меняются со временем. Как и первая точка зрения, эта тоже вполне имеет право на существование.

Однако — и об этом мы тоже упоминали — может быть и третье объяснение. Предположим, что постоянные все-таки постоянны, соотношения между константами верны для всего времени существования Вселенной. Значит — все-таки непрерывное творение вещества из «ничего»?

По мысли К. П. Станюковича — и так, и не так. Для того чтобы представить себе эту гипотезу, необходимо вернуться к «спящим частицам», планкеонам, о которых мы подробно говорили в предыдущей главе.

Вспомните, планкеон представляет собой фундаментальную частицу, во всем похожую на замкнутую вселенную Эйнштейна. Это значит, что за границами планкеона нет гравитационного поля. Теперь представим себе: первоначально Вселенная не была сосредоточена в «точке», как это следует из модели Фридмана и ее последующих интерпретаций, а состояла из многих идеально замкнутых планкеонов. Вообразите океан, а в нем — множество пузырьков воздуха. Только в океане этом нет воды, это океан пустоты, в котором отсутствует и вещество в традиционном смысле, и гравитоны, частицы гравитации. То есть океан наш — это абсолютная пустота, гравитационный вакуум. Каждый же пузырек в нем — планкеон. Это — доисторический, первоначальный, неразрушенный еще океан, для которого еще и времени-то не существует.

Теперь допустим, что один из планкеонов по какой-то, не очень понятной нам пока причине, вдруг разомкнулся. Читателя, может быть, насторожит это «вдруг». Но ведь во всех других космологических гипотезах эволюция Все-

ленной тоже началась «вдруг», с «большого взрыва», например, произошедшего по вовсе не понятным причинам.

Итак, один из планкеонов раскрылся. Что произойдет? Это понятно: из планкеона-пузырька в океан пустоты начнет выливаться «воздух», т. е. поток гравитонов. По океану нашему пойдет волна — гравитационная волна, распространяющаяся со скоростью света. Волна эта будет воздействовать на само пространство, заполненное планкеонами, искривляя его, и будет «будить» спящие вакуумные частицы. Они будут высвечивать некоторую энергию, т. е. давать потоки наблюдаемых элементарных частиц. Идея, что весь вакуум может быть заполнен микрочастицами, которые мы назвали планкеонами, принадлежит американскому физическому Уилеру.

Оговоримся: мы невольно допускаем определенную вульгаризацию гипотезы в угоду популярному ее изложению, но в ущерб научной точности. Скажем лишь, что все рассказанное строго описывается формально, математически и опирается на известные соотношения.

Что же происходит дальше? Почти то же самое, что и в модели Фридмана — расширение Вселенной, но только линейное расширение с постоянной скоростью. В океане распространяется некая волна, за фронтом которой возникает наш мир. Это объясняет тот факт, что разные образования во Вселенной — разного возраста. Например то, что возраст Солнечной системы в два раза меньше времени существования Метагалактики, свидетельствует о периферийном возникновении нашей Галактики.

Развивая идеи Уилера, можно предложить совершенно новую точку зрения на строение элементарных частиц. Если считать, что размер планкеона 10^{-33} см, то в одном кубическом сантиметре содержится приблизительно 10^{69} планкеонов, во Вселенной 10^{180} (это уже третья цифра — вспомните, у нас было 10^{60} и 10^{80} планкеонов). Размер элементарной частицы $\sim 10^{-13}$ см, объем ее 10^{-39} см³, следовательно, в одной элементарной частице содержится уже не один, как мы говорили раньше, а 10^{60} планкеонов. Каждый из них, «раскрываясь», высвечивает около 10^{30} своей энергии, так что 10^{60} планкеонов дадут 10^{-20} своей энергии, что и определяет энергию (массу) одной элементарной частицы.

Эта гипотеза, принадлежащая одному из авторов книги, высказана позже, чем описанные выше. Какая из них более Предпочтительна — пока не ясно.

РАЗУМ ВО ВСЕЛЕННОЙ

Говоря о головокружительных проблемах современной физики, о том, ценой каких усилий наука пробилась к теперешним рубежам, мы нигде не задали себе простого вопроса: неужели в нашей огромной Вселенной, на всех планетах многих галактик лишь человек бьется над познанием ее тайн. Человек с маленькой, затерянной в океане космоса планеты Земля.

Сегодня, когда каждое утро газеты могут принести весть об очередном выходе человека в космос, вопрос «одни ли мы во Вселенной?» никому не покажется неожиданным. Однако еретическую мысль о множественности обитаемых миров высказывал еще Джордано Бруно. Более того, идея эта приходила в голову и древним: проводилась Анаксагором, подхвачена была Лукрецием Каром.

Но идеи ветшают, если не подкреплять их фактами.

А фактов нет. Все попытки устроить «сеанс» связи с «ними», предпринятые в последние годы, потерпели неудачу. Впрочем, расскажем об этом подробнее.

В 1960 г. радиоастрономы Калифорнийского технологического института обнаружили на небе новый источник радиоволн. Источник этот был не очень сильным, но странным по характеру. Его занесли в каталог под обозначением СТА-102. Изучением этого объекта занялись ученые многих стран. Заинтересовалась им и группа московских радиоастрономов под руководством Г. Б. Шоломицкого.

Сутки за сутками продолжалось наблюдение за точкой неба, откуда приходили до предела ослабленные расстоянием таинственные радиоволны. Плоды этих наблюдений были сведены в графики, опубликованные затем для общего сведения. Графики оказались крайне интересными и совершенно необычными.

На первом была изображена кривая, показывающая, что интенсивность работы загадочной космической радиостанции изменяется. Сначала она работает на полную мощность. Затем начинает ослабевать, достигает определенного минимума и некоторое время работает на нем. Затем ее мощность снова вырастает до первоначальной величины. Период полного цикла изменения равен ста дням. Это первая особенность радиоизлучения объекта СТА-102. Но не единственная.

На втором графике был изображен радиоспектр СТА-102. По вертикали отложена в соответствующих единицах интенсивность радиоизлучения, по горизонтали — длина радиоволн.

На волнах длиной около 30 см оказался отчетливо выраженный пик мощности. Ученые прежде не встречали космические радиостанции, имеющие такую кривую радиоспектра.

В 1963 г. американские ученые обнаружили еще один, столь же странный источник космического радиоизлучения, получивший обозначение СТА-21. Его радиоспектр оказался подобен спектру СТА-102.

Надо отметить еще одну деталь. Дело в том, что в космическом пространстве стоит непрерывный «радиошум». Самые различные природные процессы — от ударов молний в атмосферах планет до разлетающихся после взрывов сверхновых звезд облаков газа — порождают эти шумы. Минимум радиошумов космоса приходится на радиоволны длиной в 7—15 см. Максимумы радиоизлучения загадочных объектов СТА-102, СТА-21 почти совпадают с этим минимумом. А ведь именно на волны этого минимума настроили бы свои передатчики разумные существа, если бы возникла перед ними задача создания межзвездной радиосвязи.

Вот эти-то странности неведомых космических радиостанций и позволили советскому ученому Н. С. Кардашеву высказать предположение, что эти загадочные объекты являются, возможно, радиомаяками, созданными разумными существами, достигшими чрезвычайно высокого уровня развития. Никакого другого, более естественного явления или процесса, происходящего в неодушевленной Вселенной, который мог бы дать радионизлучение, подобное тому, что излучают СТА-102 и СТА-21, Кардашев не нашел. Свою гипотезу он опубликовал в «Астрономическом журнале».

В 1967 г. американский ученый Ф. Дрейк в течение трех месяцев пытался с помощью радиотелескопа уловить сигналы разумных существ, которые могли бы населять планеты ближайших звезд. Получить такие сигналы ученому не удалось. Впрочем, это его не удивило. Он остроумно заметил, что существование другого мира, населенного разумными существами на расстоянии всего 11 световых лет от Земли, свидетельствовало бы о крайней перенаселенности космоса.

В 1973 г. американское Национальное управление по авиации и исследованию космического пространства опубликовало сообщение о намерении всерьез заняться изучением межзвездной связи. Предполагается построить для этой цели гигантское «радиоухо», составленное из стометровых дисков, которые образуют круг диаметром примерно в 5 км. Такой радиотелескоп будет в 4 миллиона раз чувствительнее того, которым пользовался для прослушивания кос-

моса Дрейк. Что ж, может быть, на этот раз исследователям повезет больше. Пока же похоже на то, что чем больше мы узнаем о Вселенной, тем оказываемся более одинокими мы в ней.

Основания считать себя правыми есть у всех: и у скептиков, и у оптимистов. Впрочем, чем пересказывать аргументы сторон, послушаем-ка лучше разговор, который мог бы состояться сегодня между скептиком и сторонником проблемы СЕТИ.

— Мне представляется,— говорит Скептик,— что решать сегодня вопрос «как с ними связаться?», все равно что делить шкуру неубитого медведя. Ведь об «их» существовании нам ровным счетом ничего не известно.

— Надо ли понимать это так, что Проблемы в принципе не существует?

— Я не буду столь категоричен. Просто постановка вопроса мне кажется преждевременной.

— Положим,— возразил его собеседник,— Проблема уже поставлена. Говорить о ее преждевременности все равно, что утверждать преждевременность извержения Везувия, например. Ведь то, что мы поставили Проблему, свидетельствует о достигнутом нами уровне развития...

— И тем не менее,— перебил его Скептик,— перед тем, как решать Проблему связи, надо выяснить хотя бы, с кем же связываться? Так что если уж настаивать на постановке Проблемы, то имеет смысл переформулировать ее так: есть ли вземные цивилизации?

— Это пассивная позиция. В конечном счете, она напоминает избитый аргумент, который так любили скептики в начале космической эры: «полеты в космос — это ведь так дорого, зачем летать, когда дел и на Земле хватает»...

— Ничего подобного я не имел в виду.

— Я поясню свое «обвинение» таким примером. Робинзону, как мы помним, на острове вполне «дел хватало». Однако ничего ему так не хотелось, как с острова вырваться. Пока мы не будем говорить о мотивах, которые двигали Робинзоном и которые движут нами на нашем пути в космос. Важно другое: предположим, в подзорную трубу он мог видеть другие берега и острова, но вот обитаемы ли они — никак не мог установить. Наверное, тебе не покажется парадоксальным, что он сделал не что иное, как поставил перед собой проблему связи. Впрочем, если следовать твоей логике, он должен был бы сидеть дома, размышляя — а не один ли он в океане? Какой смысл ему было что-либо предпринимать, если бы он встал на твою точку зрения? Сиди я

жди, когда к острову причалит корабль, тогда Проблема перестанет быть «преждевременной» автоматически...

— В рамках твоего примера с Робинзоном,— отозвался Скептик,— ты, пожалуй, и прав, хоть и с некоторыми натяжками. Ведь Робинзон, и это главное, точно знал, что он не один: он помнил свой корабль, свой дом. Проблема связи для него не подменяла Проблему существования ему подобных. Он лишь не знал — где «они».

— Что же, давай углубим аналогию. Представим невероятное: по какой-то причине Робинзон «забыл» о том, как он попал на остров, забыл свой дом, забыл все, что было до кораблекрушения. Тогда его положение, согласишься, во всем напоминает наше.

— Пожалуй. Я готов принять участие в этом мысленном эксперименте. Итак, ты утверждаешь, что Робинзон, ничего не ведая о своем прошлом, почувствовал одиночество. Что же дальше? ...— И скептик приготовился слушать...

Итак, раздвинув ветви густого кустарника, Робинзон направил на дальний берег подзорную трубу.

— Нет, никого,— думал он,— ни вчера, ни сегодня. Что же предпринять? В конечном итоге, у меня три возможности. Во-первых, я могу ждать, пока «они» отсюда, с другого острова, подадут мне сигнал, то есть установить за «ними» постоянное наблюдение. Во-вторых, я могу попытаться подавать сигналы сам. И, наконец, я могу построить лодку, чтобы самому отправиться туда...

Глубокое море разделяло острова, и далекий берег даже в подзорную трубу был едва различим в тумане.

— Но постройка лодки,— продолжал размышлять он, усевшись на камень,— займет у меня много времени и сил. Конечно, я примусь за нее, но дело пойдет слишком медленно, а я не могу ждать. Значит, подавать сигналы самому? Но слабый огонь отсюда не различить, нужен огромный костер, на который пойдет много дров, да не один, ведь я не знаю — в какой «они» стороне, на каком краю острова разводить костер. Значит, остается третий путь — наблюдать... Впрочем, с чего я взял, что «им» придет в голову подавать специальные сигналы? Какая нужда заставит их это делать? Кроме того, быть может, «они» дикари, и не знают огня. А может быть, «они» в моем положении, и поддерживать большой костер им не по силам. Остается одна надежда: они сильны и многочисленны, костры они разводят для своих нужд, готовят пищу и согревают жилища. В этом случае я различу рано или поздно дым, след их деятельности, и это, пожалуй, единственный выход!

— Стоп, — воскликнул тут Скептик. — Задержимся ненадолго. Итак, насколько я понял тебя, путь решения Проблемы у Робинзона-человечества один: искать следы иных цивилизаций, т. е. так называемого «космического чуда», признаков астроинженерной деятельности где-то в космосе. Но и тут остается неясность: откуда ждать «дыма от костров»?

— Робинзон, я думаю, — отвечал его собеседник, — обратил бы внимание прежде всего на те острова, которые похожи на его собственный. За далеким берегом, усеянным скалами, он не стал бы наблюдать, ведь с его точки зрения, «они» должны были бы выбрать более удобное место...

— Впрочем, «их» точка зрения может вовсе не совпадать с точкой зрения Робинзона. Однако оставим Робинзона на время, тем более, что мы и сами не в лучшем положении...

— Итак, мы стоим перед необходимостью определить: откуда мы можем ждать признаков существования космической цивилизации. Для того чтобы выбрать такой объект, нам надо ответить на длинный ряд вопросов.

Есть ли в космосе планетные системы, сходные с Солнечной?

Если они есть, то есть ли на них органическая жизнь?

Если жизнь есть, то есть ли на них разумная жизнь?

Если да, то достигла ли там разумная жизнь уровня технической развитой цивилизации?

Если технические цивилизации есть в космосе, то существуют ли они настолько долго, чтобы мы успели узнать об их существовании?

И, наконец, если каждая из них существует достаточно долго, то сколько их во Вселенной?

Ответы на все эти вопросы сегодня наука может дать лишь крайне предположительные. Однако и эти, далеко не окончательные данные, не вселяют никакого оптимизма.

— Не знаю о чем ты собираешься говорить, — вмешался собеседник, — но уже одна эта твоя оговорка оставляет место надежде: неокончателность данных сама по себе говорит не в твою пользу.

— Во всяком случае, я постараюсь опираться на факты, а не на слепые надежды. Итак, на первый вопрос астрономы сегодня отвечают так: скорее всего, Солнечная система сама по себе — редкое, если не уникальное явление. Известно — это выяснилось в последнее время, — что большинство звезд входят в состав кратных систем, т. е. имеют приблизительно равных себе спутников. Планеты, даже если они есть, должны двигаться по очень сложным траекториям, что при-

водит к постоянным сменам условий на них: например, к сильным перепадам температур, причем к столь сильным, что жизнь на таких планетах существовать не может.

Со следующими вопросами на первый взгляд дело обстоит благополучнее: недавно органические соединения, такие, как этиловый спирт, обнаружены даже в межзвездном пространстве. Это значит, что органические кирпичики, из которых состоит живая клетка, вовсе не редкость во Вселенной. Но в том-то и вся штука, что само по себе существование кирпичиков вовсе не говорит о существовании жизни. Одна единственная живая клетка — это столь сложный «механизм», что для ее зарождения — а надо заметить, что белковых молекул пока в космосе не обнаружено, — требуется сочетание многих и многих достаточно редких благоприятных условий. Если говорить о вероятности этого события — рождения клетки, — то при всевозможных перекомбинациях «кирпичиков» она оказывается равна 10^{-130} , т. е. для ее осуществления не хватит всего времени существования Вселенной. Вывод отсюда таков: рождение жизни — в большой мере случайность и не может повторяться многократно в разных точках Вселенной.

Теперь — вопросы, связанные с цивилизациями. На примере нашей цивилизации мы убеждаемся, что технически развитая цивилизация развивается по экспоненциальному закону, т. е. после определенного уровня очень быстро. Положим, к примеру, что такой уровень — это открытия в области электромагнетизма. До этого наша техника развивалась весьма медленно, если сравнивать ее рост с теперешним. За какие-то двадцать лет мы вышли в космос, побывали на Луне, и т. д. В США сейчас обсуждается так называемый проект О'Нейла, согласно которому уже к 2020 году в космосе должна будет существовать колония с населением во много тысяч человек.

Распространение цивилизации можно рассматривать как некую волну, движущуюся в пространстве с большой скоростью. Считая эту скорость приблизительно равной для всех технически развитых цивилизаций, мы приходим к выводу: даже цивилизация, не намного обогнавшая нас, должна была бы выйти за пределы своей системы, что для нас не могло бы остаться незаметным. Так или иначе, мы обнаружили бы те следы, тот «дым от костра», на который решил в конечном счете ориентироваться Робинзон.

Таким образом, — закончил Скептик, — я прихожу к выводу: вполне возможно, что наша цивилизация — уникальна во Вселенной. Вот вам решение Проблемы SETI.



— Конечно, ты и сам обратил внимание на то, что все твои аргументы могут быть применены к другим мирам только в предположении, что «у них» все точно так же, как у нас. Живут они на схожей с Землей планете, формы жизни и эволюции их во всем напоминают наши и даже «их» цивилизация развивается в точности по законам даже не любой земной цивилизации, а именно цивилизации того типа, в которой мы живем.

— Это и естественно, — не смутился Скептик. — Для решения всех перечисленных мной вопросов мы располагаем только одной «лабораторией» — нашей Солнечной системой. И нам ничего не остается делать, как распространять открытые в ней законы на обозримую область Вселенной.

— Один единственный эксперимент — маловато для статистики. Так что во всем, что ты говорил, сделаем скидку на наши скромные возможности. Но если этой скидки не делать, каждый из твоих аргументов не так уж и безупречен.

Первое, что касается планетных систем. Сегодня, например, еще не решен вопрос с так называемой «звездой Барнарда». Возможно, возле нее существует планетная система из четырех планет. Но это лишь один из примеров того, что твоё первое положение неверно. В настоящее время никто не спорит с тем, что планетные системы могут существовать и у двойных звезд. Более того, сегодня высказывается точка зрения, ничем не опровергнутая, что наше Солнце, возможно, тоже одна из двух компонент «широкой» звездной пары.

Теперь, что касается жизни. Она — везде! То, что органические соединения есть повсюду в космосе — полное подтверждение этому. Ведь к зарождению жизни никак нельзя подходить с чисто комбинаторным принципом. Вовсе не весь перебор осуществляется при зарождении клетки. Как при рождении языка слова рождаются не из автоматической перестановки звуков, а в соответствии с определенными законами — нет в русском языке, например, слова из трех согласных, — так и из органических кирпичиков живые клетки строятся гораздо быстрее, нежели это было бы при случайном их переборе.

Наконец, то, что касается отсутствия признаков астроинженерной деятельности. С таким же успехом, с каким ты утверждаешь, что никаких «костров на другом берегу» мы не видим, я могу утверждать обратное. Допустим, что все развитые цивилизации общаются с помощью гравитационной связи, и только мы, в силу слабого развития техники, пока глухи к их сигналам. Или иначе: инфракрасное излучение,

которое мы наблюдаем на космическом небе, искусственного происхождения. Наконец, другие цивилизации могут быть прекрасно осведомлены о нашем существовании, но по ряду соображений, например этического порядка, ждут, пока мы «дозреем» для контакта. Я не говорю о загадочных эффектах тина «радиоэха», которое некоторыми учеными интерпретируется как эхо от зонда внеземного происхождения.

Все эти возражения относятся к твоим аргументам, основывающимся на предположении, что «они» похожи на нас. А если нет? Здесь мы стоим воистину на краю моря неизвестного. И, как ты понимаешь, я мог бы высказать массу предположений, число которых и ты без труда умножишь: «они» развиваются не так, как мы, «их» цивилизация — стабильного типа и т. п. В общем, тут мы вновь оказываемся в положении Робинзона, который знает лишь то, что его подозрительная труба — единственное пока его орудие — не может ему ничем помочь. Кстати, что было бы разумно предпринять Робинзону после того, как он окончательно пришел к этому выводу? Конечно же, попытаться как можно лучше обследовать собственный остров. Ведь не можем мы пока сказать, что ответили на все загадки, встреченные нами на собственной планете.

Предположим, наблюдения Робинзона ни к чему не привели. Но он не отчаивался.

— Есть другой путь решения Проблемы,—думал он.— Ведь если «они» существуют, то как могло случиться, что ни разу не появились они на моем острове, таком удобном. Не следует ли мне прежде всего еще и еще раз обследовать свой остров, и, вполне возможно, я наткнусь на их следы...

— Постой,—перебил своего собеседника Скептик.— Я чувствую, ты собираешься вдобавок ко всему склонить меня в пользу гипотезы визита инопланетян. Но это уж никак не выйдет. Впрочем, тот факт, что никаких следов визита пришельцев на Земле нет, говорит в мою пользу. Ведь если бы «они» существовали, то непременно, в том случае, конечно, если они похожи на нас, должны были бы посетить Землю. Ведь Земля — почти идеальная планета для жизни. А поскольку «их» на Земле не было, то напрашивается вывод: мы одни...

— Но визит был! И первое тому доказательство — тот факт, что мы беседуем с тобой.

— Это уж слишком,—возмущился тут Скептик.— Если ты будешь ссылаться сейчас на тайны египетских пирамид, наскальные изображения существ в скафандрах и китайские летописи, можешь не трудиться. Все эти аргументы



мне известны и не вызывают ни малейшего доверия. Что стоит, например, одна ссылка на то, что во многих «священных» книгах встречаются упоминания о вознесении на небеса. Странники гипотезы инопланетян тут же восклицают: вот видите, библейский Енох, например, летал по небу, написано черным по белому. Что это значит? Что инопланетяне «катали» его по орбите на ракете, а потом доставили домой! Смешно. Если следовать такой логике, то и Сирано, и автор Мюнхгаузена — если не пришельцы сами, то уж во всяком случае их приятели. А чертежи своих ракет Циолковский, конечно, разработал не сам, а инопланетные гости их ему подсунули. Так все, что угодно, можно объявить инопланетной визитной карточкой: и снежного человека, и тунгусский метеорит, а заодно и гору Джомолунгма потому, что мы не знаем, как такую высокую гору можно было насыпать...

— Постой, постой. Твое возмущение мне понятно. Однако потерпи. И вернемся ненадолго к Робинзону...

Итак, еще и еще раз обследовал свой остров Робинзон. Предположим, он наткнулся на сооружение непонятного для него происхождения: то ли море выбросило на берег и причудливо разместило несколько стволов деревьев, то ли это «они» оставили по себе память, знак, что-то вроде тура, который составляют на вершине альпинисты. Ответить на этот вопрос Робинзон не мог, но сомнения его лишь усилились. В другой раз он обнаружил какое-то углубление, отдаленно напоминающее след ноги. Наконец, устав от бесплодных поисков, он подумал:

— А не должен ли я искать нечто вполне конкретное. Ведь загадок становится все больше и разгадать их мне не под силу. Что именно должны были бы оставить «они»? Говорим мы с ними на разном языке, так что написать записку или письмо они не могли, зная заведомо, что я их не пойму. Или они оставили знак, те бревна, что я нашел на берегу? Но отчего же они не оставили чего-то более понятного?

Так, размышляя, шаг за шагом приближался Робинзон к своей догадке. Похожи ли «они» на меня? — спросил он однажды. И вдруг подумал: — А может быть правильнее было бы спросить: похож ли на «них» я?

Догадка озарила его. Конечно, как же раньше я не подумал об этом. Доказательство их существования — это я сам. Моя подзорная труба, мои спички, мое ружье. Только «они», другие люди могли мне оставить все это...

— Твой вывод я могу воспринимать лишь как шутку, — прервал собеседника Скептик. — Причем, шутку не новую.

Впервые Аррениус предположил, что жизнь была занесена на нашу планету в виде спор внутри метеоритов. Если я правильно поняла тебя, ты клонишь именно к этому?

— Согласись, однако, в положении Робинзона такая догадка, в конце концов, вполне логична. Отчего же не логична она для нас? Зададимся и мы вопросом, как это сделал Робинзон: а что же могли оставить инопланетяне на Земле? Самый простой ответ — живую клетку. Приняв эту точку зрения, мы убиваем сразу двух зайцев: отвечаем на вопрос о происхождении жизни и объясняем наличие единого генетического кода для всего живого на Земле...

— Когда я согласился на твою аналогию между человечеством в космосе и Робинзоном на необитаемом острове, я вовсе не собирался проводить ее так далеко. То, что логично для Робинзона, вовсе не так уж естественно для нас. Ведь прежде всего, у нас совершенно разные цели.

— Напротив, цель одна...

— Давай уговоримся,— предложил Скептик,— не вспоминать больше о будущем, ибо относительно пришельцев мы никогда не договоримся. Ты считаешь, что мы с тобой чуть ли не потомки некоего космического народа, в то время как я уверен, что никакого народа и быть не может. Подведем лучше те итоги, в которых мы не впали в столь неразрешимое разногласие. Первое касается самой Проблемы. Ты согласен со мной, что Проблема СЕТИ, хоть и помогает в методическом плане, но не отвечает на более общий вопрос: есть ли «они»?

— Напротив,— возразил его собеседник,— как раз, если ставить вопрос так, то мы разойдемся полярно, в то время как постановка вопроса в форме Проблемы СЕТИ не требует однозначного ответа «да» или «нет», и располагает не к общетеоретическим спорам, но к конкретной работе.

— То есть зовет не бороться за чистоту, а подметать?

— Именно. Только такая постановка Проблемы способна объединить усилия многих ученых, независимо от их точек зрения на сам факт существования иных цивилизаций, и заставить их совместно точнее обрисовать положение человечества во Вселенной.

— Пусть так,— согласился Скептик.— Но я хотел бы затронуть еще одну проблему. В ответе на вопрос «есть ли они?» мы расходимся. Однако спросим себя: какой ответ на этот вопрос полезнее для человечества сегодня? Я считаю, что ответ «мы одни». Ведь ожидать того, что не сегодня — завтра мы встретимся с неведомыми братьями по разуму, которые всему нас научат, предотвратят наши войны

и окажутся во всем лучше нас — значит проявлять малодушие. Напротив, мы должны твердо сказать себе: нет, ни от кого помощь к нам не придет, мы сами обязаны справиться с нашими проблемами. И ответственность наша тем больше, чем, скорее всего, мы — авангард материи, и даже если «они» есть, то, судя по всему, «они» отстают от нас. Вспомнив Робинзона, можно сказать, что он умер бы с голоду, если бы сидел сложа руки и ждал избавления. Лишь почувствовав ответственность за себя, он смог бороться.

— И здесь я не могу согласиться с тобой,— откликнулся его собеседник. — Помнишь, мы говорили о целях Робинзона и целях человечества. Так вот, ожидание Робинзоном контактов с другими людьми вовсе нельзя объяснить лишь желанием получить какую-то материальную поддержку и выгоду. Как мы с тобой, когда нам делается одиноко, стремимся друг к другу, так и Робинзон искал себе подобных. Так и человечество, осознав себя единым целым, не из любопытства и не из жажды наживы устремилось в космос.

Впрочем, поскольку никаких доказательств того, что он не один, у Робинзона не было и о прошлом он забыл, то можно представить себе и другую «стратегию» его поведения. Он мог бы объявить себя «пупом» Земли, ни о каких «братьях» и не помышлять, признать себя «авангардом», царем и единственным на свете разумным существом. Но именно потому, что он был Человеком и мог мыслить и чувствовать, такая постановка вопроса не пришла ему в голову. Также и человечество пока не освоило всю свою планету, не испытало этой «космической тоски». Так что я считаю саму постановку сегодня Проблемы СЕТИ признаком моральной и духовной зрелости человечества...

Здесь мы вынуждены прервать этот разговор. И не потому, что все аргументы мы услышали, все вопросы оказались затронутыми. Напротив, в этой беседе — лишь малая доля аспектов Проблемы.

Мы наделили собеседников крайними точками зрения и сделали это сознательно. Лишь узнав полярные мнения, можно представить себе весь диапазон сегодняшних споров.

Однако вы заметили, наверное, что никто не вышел из этого спора явным победителем. Это и понятно: Проблема остается открытой. Мы удержались от соблазна подтолкнуть читателя в ту или иную сторону. И вот почему. Мы хотим, чтобы ваши знания и ваши размышления позволили вам определить, какая из сторон ближе к истине. И еще одной цели хотелось бы нам добиться: пусть каждый из вас хоть на секунду почувствует себя Робинзоном во Вселенной.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ



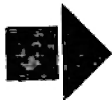
Мы заканчиваем последнюю главу нашей книги. Она посвящена Вселенной — и могла бы быть поистине бесконечной. Мы выбрали в этой бескрайней теме всего несколько моментов, чтобы показать великую роль гравитации в рождении Метагалактики, смерти звезд и в процессе развития нашей планеты. Ведь это именно она, гравитация, опускала в глубочайшие недра останки живых существ, чтобы из них возникли нефть и каменный уголь. Это она заключила в глубины планеты углерод, некогда «бродивший» в атмосфере в виде молекул углекислого газа. Это гравитация установила пределы для высоты деревьев и веса животных. Можно сказать, что она дирижирует всей жизнью нашей планеты, управляет всем развитием нашей Вселенной. И, конечно, именно она определяет на сегодняшнем этапе развития всю жизнь нашей Вселенной.

Авторы уже предупредили читателей, преодолевших книгу, и еще раз хотят напомнить, что многое, в ней содержащееся, гипотетично, не окончательно достоверно, и добавить к этому, что и авторам некоторые вопросы, связанные с гравитацией, тоже не до конца ясны. Не случайно мы называли еще в начале книги всемирное тяготение самым таинственным явлением природы. Да, тяготением занимались величайшие умы человечества — Ньютон, Эйнштейн и другие, имена которых названы в книге. Но тайна тяготения не только не разгадана до конца, она едва-едва начинает приоткрываться...

И последнее... Работая над этой книгой; авторы надеялись, что помимо прямой цели — популяризации современной науки о гравитации, им хоть отчасти удалось выполнить и другую задачу, — дать почувствовать читателю, что не только сила тяготения, но и сила воли, сила ума ученых разных столетий и стран достойна того, чтобы назвать ее так, как названа и наша книга — сила, что движет мирами.



ПРИЛОЖЕНИЕ: КУДА "ИДЕТ" ВСЕЛЕННАЯ?



Нам осталось рассмотреть вопрос о самой общей «судьбе» большой бесконечной Вселенной. Грозит ли ей тепловая смерть, не погаснут ли в ней «творческие» процессы образования миров и жизни? Что с ней будет в «старости»?

Этот очень важный физический и философский вопрос мы специально вынесли в приложение, потому что по своей сложности (и, естественно, стилистически) он несколько выпадает из общего построения нашей книги.

Одним из основных положений диалектического материализма является тезис о неуничтожимости материи и ее движения. Философия пришла к такому выводу задолго до того, как эта идея укрепилась в естествознании и нашла в ней блестящие подтверждения. В первую очередь следует назвать открытый в середине XIX века закон сохранения и превращения энергии. Но этот закон не исчерпывает всей картины движения. Он констатирует лишь наличие процессов взаимопревращения одних видов энергии в другие и ее сохранение. Но он не указывает на направление хода процессов, не объясняет закономерной последовательности происходящих превращений. На этот вопрос позволила ответить термодинамика, которая на заре своего развития служила лишь для описания процессов перехода теплоты в работу, что диктовалось построением теории тепловых машин, а впоследствии охватила теорию упругости, учение об электричестве и магнетизме, излучении и др. В настоящее время «не существует ни одной области физики, к которой бы термодинамика не имела бы отношения» (Ф. Энгельс).

Так называемое второе начало (или второй закон) термодинамики и определяет направление энергетических превращений. Существует ряд формулировок второго начала термодинамики. Для пояснения приведем основные:

Тепло не может само собой перейти от системы с меньшей температурой к системе с большей температурой.

Невозможно непрерывно получать работу только за счет охлаждения тела ниже температуры окружающей среды.

Невозможен вечный двигатель второго рода, т. е. двигатель, основанный только на превращении в работу теп-

лоты какого-либо тела. Второе начало термодинамики получило свое математическое выражение в законе возрастания энтропии. Энтропия, как и энергия, является функцией состояния вещества и показывает, что при реальных процессах состояние системы необратимо изменяется.

Итак, закон возрастания энтропии определяет течение энергетических превращений: в замкнутых системах они происходят в одном строго определенном направлении. С этой точки зрения закон возрастания энтропии может быть назван принципом необратимости. В конце XIX века австрийский физик Л. Больцман связал энтропию системы с термодинамической вероятностью ее состояния.

Второе начало термодинамики поставило перед наукой вопросы, выходящие за рамки чистого естествознания. К таким вопросам относится так называемая теория «тепловой смерти» Вселенной, утверждающая, что Вселенная стремится к состоянию термодинамического равновесия, и тем самым отвергающая неуничтожимость движения. С законом возрастания энтропии связаны также вопросы взаимоотношения цикличности и необратимости процессов, которые обычно рассматриваются с точки зрения диалектического характера развития. К философским проблемам относится и теория анизотропии времени, которая также связывается с законом возрастания энтропии.

Мы поставили своей целью проанализировать известные в настоящее время концепции по упомянутым естественнонаучным вопросам, обрисовать их сильные и слабые стороны и осветить их философские аспекты.

Во второй половине XIX века авторы второго начала термодинамики лорд Кельвин и Р. Клаузиус распространили его на Вселенную в целом и выступили с теорией, согласно которой со временем вся энергия, существующая во Вселенной, равномерно распределится в пространстве в ее «связанном», обесцененном виде и уже не будет способна к каким-либо превращениям. Кельвин в своей статье «О проявляющейся в природе общей тенденции к рассеянию механической энергии» писал: «1. В материальном мире существует в настоящее время общая тенденция к расточению механической энергии. 2. Восстановление механической энергии в прежнем количестве... не может быть осуществлено при помощи каких бы то ни было процессов». Клаузиус изложил эту мысль в еще более ясной формуле: «Энергия Вселенной постоянна, энтропия Вселенной стремится к максимуму». Такая позиция означает отрицание неуничтожимости и несотворимости движения и неизбежно приводит к допу-

щению неких нематериальных, «сверхфизических» факторов. До настоящего времени некоторые естествоиспытатели поддерживают эту концепцию. Достаточно назвать, к примеру, английского астронома Д. Джинса или создателя кибернетики Н. Винера, который писал: «Вселенной в целом присуща тенденция к гибели... она умрет в результате тепловой смерти... не останется ничего, кроме скучного единообразия, от которого можно ожидать только небольших и незначительных местных отклонений».

Теорию «тепловой смерти» охотно используют и деятели церкви. В энциклике папы Пия XII в 1951 г. теория «тепловой смерти» рассматривается как прямое доказательство сотворимости материи. От подобного истолкования теории тепловой смерти предостерегал еще Ф. Энгельс, с точки зрения философской несостоятельности обстоятельно критиковавший теорию Кельвина — Клаузиуса.

Дать естественнонаучное опровержение теории «тепловой смерти» первым попытался Л. Больцман. Исходя из статистического характера второго начала и приняв по существу основное положение Клаузиуса о применимости второго начала к бесконечной Вселенной, он объяснил неунничтожимость движения с точки зрения так называемой «флуктуационной» гипотезы. Суть гипотезы заключается в том, что несмотря на то, что Вселенная в целом может достигнуть (или уже достигла) равновесного состояния, в отдельных ее участках могут существовать флуктуации, отклонения от состояния равновесия. Всю наблюдаемую часть Вселенной Больцман предлагал рассматривать как такую «гигантскую флуктуацию» на фоне общей картины тепловой смерти. Естественно, что если область, в которой флуктуация существовала, приходит также к состоянию равновесия, флуктуация может возникнуть в другой части Вселенной.

Метафизический характер опровержения теории «тепловой смерти» Больцманом заключается в попытке непосредственного, прямолинейного применения статистической трактовки энтропии к бесконечной Вселенной. Существование такой гигантской флуктуации в рамках всей наблюдаемой Вселенной неправдоподобно именно со статистической точки зрения. Следует заметить, что сам Больцман указывал на некорректность прямого приложения второго начала, сформулированного для замкнутой, конечной системы, к бесконечной Вселенной. «Выставляют, как аксиому, положение, что из конечного числа тел невозможно сформулировать *perpetuum mobile*, — пишет Больцман о попытках ряда исследователей опровергнуть теорию «тепловой смерти», — и

начинают удивляться тому, что в предположении, что Вселенная является громадной системой конечного числа тел... следует, что и вся Вселенная не может быть *perpetuum mobile*, хотя это утверждение уже заключалось в предпосылке».

Итак, попытка прямого опровержения теории «тепловой смерти» Вселенной на основе статистического характера второго начала несостоятельна. Однако статистическая трактовка энтропии в этом невиновна, просто для решения вопроса нужны более сложные пути. Первый путь некоторые исследователи видят в полном отрицании применимости второго начала к бесконечной Вселенной. Поскольку оно формулируется для конечной, замкнутой системы, а бесконечная Вселенная не может рассматриваться как замкнутая, или даже вообще как единая система, то нельзя говорить о возрастании энтропии Вселенной. Но в этом рассуждении есть один существенный изъян. Ведь в этом случае нельзя говорить о применимости к Вселенной и первого начала термодинамики — закона сохранения энергии, которое также формулируется для замкнутых систем. Однако мы совершенно обоснованно экстраполируем этот закон на бесконечную Вселенную и утверждаем, что энергия не может возникать из ничего или уничтожаться, таким образом, мы, по-видимому, можем говорить и о возрастании энтропии Вселенной.

Правильнее поступают другие исследователи, которые говорят о неприменимости второго начала к бесконечной Вселенной именно из-за его статистического характера. Как уже говорилось, повышение энтропии в конечной системе означает переход к более вероятному состоянию. Но для систем, состоящих из бесконечного числа частиц, говорить о более вероятном или менее вероятном состоянии нельзя. Здесь все состояния равновероятны. А поскольку во Вселенной нет наиболее вероятного состояния, то не достигается и ее тепловое равновесие. Этот вопрос подробно исследовался К. П. Станюковичем. Рассматривая Вселенную как систему, состоящую из бесконечно большого числа частиц только одного класса, он показал, что она все же придет к равновесию, а также, что система частиц счетного множества классов не может прийти к равновесию, — «лишь бесконечное разнообразие материи и взаимные превращения ее отдельных форм делают возможным ее развитие без стремления к какому-либо равновесному состоянию». Во Вселенной, состоящей из бесчисленного множества различных структур — от фотона до галактики — взаимоотношения между структурами неисчерпаемы, и вся Вселенная находится всегда в неравновесном состоянии. Именно в связи с взаимодействиями



частиц разных классов невозможна и полная деструкция Вселенной до частиц одного класса, что объясняется гравитационными эффектами.

Ответ на вопрос о «тепловой смерти» можно также найти, если обратиться к законам релятивистской термодинамики, где важную роль играют гравитационные поля. Работами Я. П. Терлецкого, а также Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшица, развивающими идеи Р. Толмана, показано, что в гравитационных полях в бесконечной Вселенной энтропия всякой замкнутой системы неуклонно возрастает без того, чтобы достигалось какое-либо равновесное состояние в силу неукоснительной переменности граничных условий такой системы.

В отличие от пространства, время одномерно и необратимо. Пространство обратимо в том смысле, что в любую его точку можно попасть и дважды, и трижды и т. д. Во времени это невозможно — оно необратимо и течет из прошлого через настоящее к будущему, в одну и ту же временную точку нельзя попасть дважды. В физической литературе наиболее распространенной является точка зрения, согласно которой необратимость времени выводится из причинности. Я. Б. Зельдович и И. Д. Новиков высказывают, например, положения, согласно которым «принципиально неправильны попытки связать направление времени только с теми или иными конкретными сложными явлениями. Различие между прошлым и будущим существует в любом процессе». Направление времени, по мнению Зельдовича и Новикова, однозначно определяется принципом причинности. Но это не совсем так. Во-первых, в чисто механических процессах существует причинная связь явлений, находящая свое выражение в действии законов механики, которые, как известно, за исключением ряда граничных условий, безразличны к знаку времени. Во-вторых, попытка использовать для определения направления времени факт предшествования причины следствию уже предполагает данным это направление, т. е. содержит логический круг. В противоположность субъективистским взглядам на время, выводящим его необратимость из свойств нашего сознания, наука, в полном соответствии с материализмом, раскрывает объективный характер необратимости времени.

Работы Больцмана положили начало развившемуся впоследствии представлению о тесной связи проблемы необратимости и направленности времени («стрелы времени») с законом повышения энтропии. Согласно этому закону, как уже говорилось, процессы в замкнутой термодинамической системе могут протекать таким образом, что энтропия сис-

тем либо остается постоянной (только в сугубо частных случаях), либо возрастает. Примерами последнего могут служить любые процессы, связанные с диссипацией того или иного вида энергии. Необратимость изменения энтропии для не слишком больших промежутков времени можно рассматривать как выделенность определенного временного порядка и его необратимость. Эта точка зрения очень обстоятельно рассматривалась философом Рейхенбахом. Опираясь на результаты термодинамики и статистической физики, Рейхенбах приходит к следующему определению направления времени: «То направление, в котором протекает большинство термодинамических процессов в изолированных системах, и представляет собой направление положительного времени». Однако отсутствие во Вселенной строго изолированных систем заставляет Рейхенбаха вводить дополнительные допущения, в частности, рассматривать «секционное» время, связанное с относительно изолированными системами, что по существу является идеализацией картины и не вполне корректно. С другой стороны, эмпирическое обоснование односторонности времени, опирающееся на понятие энтропии, не применимо к микроуровню, поскольку энтропия — величина существенно статистическая, имеющая смысл только для систем, состоящих из большого числа частиц. Попытка обойти основные недостатки гипотезы Рейхенбаха сделана Грюнбаумом. В частности, Грюнбаум не предполагает, что энтропия определяется для всей Вселенной так, что вся Вселенная в целом могла бы рассматриваться как система, энтропийная эволюция которой характеризуется статистической энтропийной кривой для непрерывно замкнутой конечной системы. Для микромира вопрос о необратимости времени рассматривался Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшицем. Подчеркивая внешнюю «неприменимость» второго начала термодинамики к микрообъектам, они, однако, выдвинули предположение, что, возможно, закон возрастания энтропии является своеобразным «макроскопическим» выражением физической неэквивалентности обоих направлений времени в процессах взаимодействия микрообъектов. Если это действительно так, «то должно существовать... (на квантовом уровне) неравенство, обеспечивающее справедливость этого закона и удовлетворяющееся в реальном мире».

Еще в 1876 г. Лошмидт отметил, что симметрия законов классической механики относительно направления времени должна повлечь за собой обратимость термодинамических процессов, для которых формулируется закон возрастания энтропии. Следовательно, в принципе возможны процессы,



связанные не только с возрастанием энтропии, но и с ее уменьшением. Раскрытие Больцманом статистического характера второго начала термодинамики дало доказательство возможности существования флуктуации — состояний с уменьшающейся энтропией. Тогда мы вынуждены признать, что время в реальном физическом мире не имеет единого направления. Наряду с «положительным» направлением времени, которое мы условно свяжем с возрастанием энтропии, может иметь место отрицательное направление времени, связанное с процессами уменьшения энтропии. Чтобы внести ясность в понятие «отрицательного» времени, следует отметить, что «отрицательным» оно будет только для стороннего наблюдателя, в мире которого энтропия возрастает. Для собственного наблюдателя в этом мире энтропия будет также возрастать, а в «стороннем» мире — убывать.

Современная физика не имеет сколько-нибудь убедительных доказательств действительного существования во Вселенной систем с обратным ходом времени. Последний факт заставляет некоторых исследователей отрицать какую бы то ни было связь между энтропией и «стрелой времени». В частности, о неправомочности привязывания времени к направлению энтропии говорит в доломике с Рейхенбахом и Грюнбаумом философ Поппер. В 1958 г. он писал: «Как бы мне ни импонировала смелость этой идеи (о противоположном направлении «стрелы времени»), я все же считаю ее абсурдной, особенно в свете неопровержимого факта существования термодинамических флуктуаций».

Как указывает советский философ А. М. Мостепаненко, проводивший анализ существующих концепций, касающихся направленности времени, «решение данной проблемы должно опираться на анализ существующих космологических гипотез... Не исключено, что космологический анализ покажет отсутствие единого направления времени в мегамире». Открытие иных, неэнтропийных доказательств анизотропии времени позволит сделать окончательное заключение о связи энтропии и «стрелы времени».

Спиральный характер развития проявляется как закон соотношения цикличности и необратимости происходящих процессов. Цикличность или повторяемость относится к числу всеобщих черт развития. Она выражается в возможности относительных возвратов систем к пройденным состояниям. Циклический процесс обладает определенной симметрией по отношению к прошлому и будущему. Если в каждом циклическом процессе произвести мысленное сечение по настоящему моменту времени, а затем сопоставить состояния в

предшествующие и последующие моменты, то в этих состояниях будет очень много общих черт. Временная симметрия циклических процессов тесно связана с действием законов сохранения материи.

Но при всей распространенности циклических процессов в мире их нельзя абсолютизировать. Еще в античной философии была высказана метафизическая по своей сути концепция, что в следствии не содержится ничего нового и иного по сравнению с тем, что было в порождающей его причине. Если бы это положение выполнялось, то невозможно было бы никакое новообразование и развитие в мире. Процесс взаимодействия и порождения следствий причинами всегда не симметричен во времени. Осуществившись, следствия сами становятся действующими причинами и т. д. Действие может передаваться только от предшествующих к последующим состояниям, а не наоборот. В справедливости и всеобщности этого положения мы можем убедиться, исследуя различные свойства материальных объектов в процессе их изменения, что позволяет определить основные закономерности, присущие любым процессам, происходящим в мире:

1. Всякая реально существующая система не замкнута, взаимодействует с другими, благодаря чему может переходить в качественно новые состояния.

2. Структура следствий всегда чем-то отличается от структуры причин, поскольку взаимодействие несимметрично во времени.

3. В развитии постоянно появляются новые качественные состояния, выражающие процесс новообразования.

4. Развитие может происходить на одном уровне сложности, быть прогрессивным, т. е. приводить к новым, более сложным формам, или регрессивным, т. е. вести к деградации и распаду системы.

Говоря о цикличности процесса, мы всегда подразумеваем ту или иную степень идеализации. Так, например, движение маятника циклично, если мы игнорируем силы трения, которые рано или поздно приведут маятник в состояние покоя. Диссипация энергии в системе непосредственно связана с законом возрастания энтропии такой системы. Идеальный замкнутый цикл подчинен закону постоянства энтропии. Говоря об отклонении от цикличности, мы подразумеваем необратимость процесса, которую можно охарактеризовать законом возрастания энтропии. Однако было бы в корне неверным переносить в рассмотрение процесса развития чисто термодинамическое определение энтропии как меры «безвозвратно утраченной», связанной энергии. По-

сколько второе начало термодинамики формулируется исключительно для замкнутых систем, по мере возрастания энтропии системы последняя стремится к состоянию равновесия, достижение которого исключает дальнейшее развитие системы. Здесь следует сказать, что неверно иногда бытующее заключение о полной неприменимости закона возрастания энтропии к качественно изменяющимся системам (достаточно вспомнить термодинамику химических реакций). Выход из порочного круга лежит в осторожном и критическом подходе к понятию «замкнутая система». Более правильным является понятие «квазизамкнутая система». Действительно, подчас систему можно считать замкнутой на начальном этапе ее развития, однако в процессе приобретения последней нового качественного состояния те связи системы с окружающей средой, которые в первый момент были пренебрежимо малыми, начинают играть существенную роль, и система перестает быть замкнутой. Возможно также высвобождение иных, не учитываемых вначале видов энергии внутри самой системы. Как только это произошло, второе начало термодинамики нужно формулировать уже для этой, вновь образованной системы с новыми граничными условиями и т. д., что, в частности, не позволило до настоящего времени окончательно решить вопрос о применимости законов термодинамики к живым организмам.

Для незамкнутых систем, как справедливо замечено советским философом Л. Б. Баженовым, второе начало термодинамики прежде всего позволяет раскрыть пути наиболее эффективного использования энергии и выступает не столько как закон ее обесценивания, сколько как закон ее оптимального использования. Здесь уместно упомянуть появившуюся в последнее время тенденцию во что бы то ни стало «спасти» прогрессивное диалектическое развитие за счет отрицания второго начала термодинамики. Противники второго начала ищут особые, «антиэнтропийные» процессы, которые протекали бы в макроскопических масштабах и подчинялись бы некоему фундаментальному закону, не известному до сих пор. Объяснение противоречивости второго начала термодинамики лежит в верной формулировке граничных условий, определяющих замкнутость системы.

Таким образом, закон возрастания энтропии является конкретным, хотя и не исчерпывающим, проявлением процесса диалектического развития. Однако пельза абсолютизировать этот закон, некритически подходить к нему, ибо естествознание немислимо без диалектики, диалектика же является абсолютной необходимостью для естествознания.

ОГЛАВЛЕНИЕ



От авторов	3
1. ОТ ДОГАДОК К ЗНАНИЮ	5
Предшественники Ньютона	7
Великий закон Вселенной	10
«Гипотез я не строю...»	15
«Actio in distans»	17
Тяготение не существует вне времени	20
«Трещина» евклидова мира	21
Учителя и ученики	23
2. ТЕОРИЯ ТЯГОТЕНИЯ ЭЙНШТЕЙНА	27
Первые сомнения	28
Куда дует эфирный ветер?	30
Специальная теория относительности	32
Следующее десятилетие	37
Общая теория относительности	40
Могучий критерий — опыт	47
3. ОТКРЫТИЕ НАШЕЙ ВСЕЛЕННОЙ	49
Альберт Эйнштейн против Джордано Бруно?	50
Вселенная Эйнштейна	52
Границы раздвинулись	58
Новые вопросы	63
Загадка сверхзвезд	66
Невидимое небо	73
4. МЕЛЬЧАЙШИЕ КИРПИЧИКИ ВСЕЛЕННОЙ	79
Мир больших странностей	80
Порядок в мире элементарных частиц	84
Частицы частиц — партоны	

Нейтринная астрономия	90
Существуют ли антимирры?	95
Планкеоны или «спящие частицы»	98
б. СВОЙСТВА ТЯГОТЕНИЯ	105
Между наукой и фантастикой	106
Кванты гравитации	110
Гравитационные волны	113
Постоянна ли гравитационная постоянная?	116
Механизм гравитации	125
б. НАША ВСЕЛЕННАЯ	131
Космология: взгляд на сегодня	132
У начала начал	135
Разум во Вселенной	138
ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ	149
ПРИЛОЖЕНИЕ: КУДА «ИДЕТ» ВСЕЛЕННАЯ?	150

ИБ № 506

Михаил Васильевич Васильев, Николай Юрьевич Климонтович, Кирилл Петрович Станюкович

СИЛА, ЧТО ДВИЖЕТ МИРАМИ

(О материн живой и спящей)

Редактор И. Г. Вирко
 Художественный редактор А. Т. Кирьянов
 Художник Ю. Л. Максимов
 Технический редактор И. Н. Подшебякин
 Корректор М. Я. Жукова

Сдано в набор 23.01.78. Подписано к печати 17.10.78. Т-19807. Формат 70X100/- Бумага типографская № 2. Усл. печ. л. 6,45 Уч.-пзд. л. 9,56. Тираж 50 000 экз. Цена 30 коп. Зак. пзд. 75031. Зак. тип. 104.

Атомиздат, 103031, Москва, К-31, ул. Жданова, 5.

Ярославский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 150014, Ярославль, ул. Свободы, 97.



Станюкович Кирилл Петрович

Родился в 1916 г. в Москве. Окончил МГУ им. М.В. Ломоносова. Доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РСФСР.

Автор 20 научных и научно-популярных книг и свыше 350 статей.

Основные направления и результаты научной деятельности: совместно с член.-корр. АН СССР В.В. Федыным разработана теория удара метеоритов о поверхность планет. В 1947 г. предложены кратеры на Марсе.

Предложена теория, объясняющая большие моменты планет Солнечной системы при их совместном образовании вместе с Солнцем.

Создана теория неустановившихся течений газа с учетом магнитных полей, теория автомодельных масштабно-инвариантных движений. Совместно с акад. Л.Д. Ландау создана теория сходящихся волн. Создана теория реактивного импульса

при высокоскоростных процессах.

Даны представления о множественном рождении частиц при высоких энергиях, развита релятивистская магнитогазодинамика, а также масштабно-инвариантная теория гравитации, обобщающая уравнения общей теории относительности; дана связь между основными фундаментальными физическими величинами.

Даны элементы рождения частицы из гравитационного вакуума и предложена принципиально новая космологическая модель образования Метагалактики.

30 коп.

